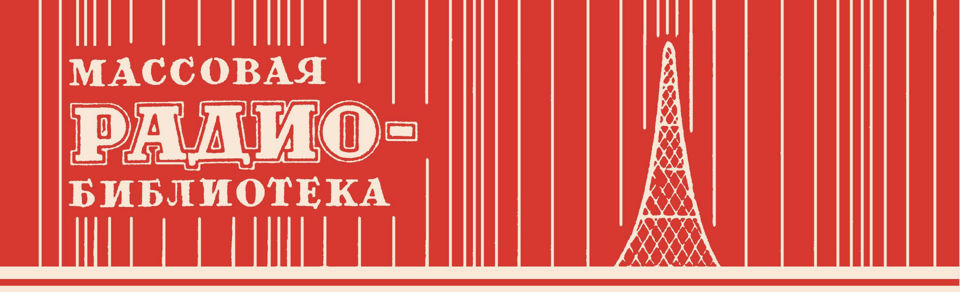
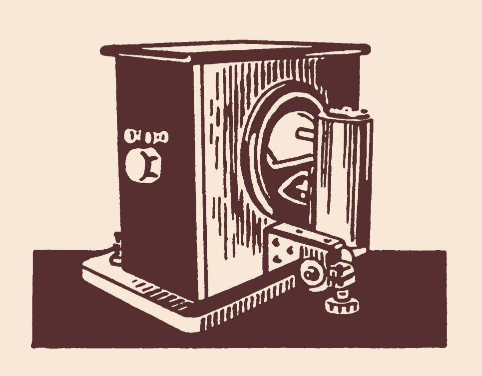


ДЕВЯТАЯ РАДИОВЫСТАВКА

РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ



Госэнергоиздат

Многотысячный коллектив советских радиолюбителей-конструкторов из года в год неустанно работает над совершенствованием радиотехнической аппаратуры и находит все новые и новые области применения радиотехнических методов в народном хозяйстве СССР.

Успешность деятельности радиолюбителей-конструкторов в области внедрения радиотехнических методов в народное хозяйство характеризуется ежегодным ростом не только количества, но и качества имеющих отраслевой характер экспонатов, демонстрирующихся на регулярно проводимых всесоюзных выставках радиолюбительского творчества.

Это — свидетельство горячего патриотизма советских радиолюбителей, творчески участвующих в социалистическом строительстве нашей страны, их заботы о том, чтобы отечественная техника и промышленность были самыми передовыми в мире.

Участниками проведенной в 1951 г 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов представлен ряд оригинальных приборов, предназначенных для применения в самых различных отраслях народного хозяйства нашей страны, таких, как геология, металлургия, текстильная промышленность, машиностроение, медицина, транспорт, служба прогноза погоды и т. д.

В настоящей брошюре, выпускаемой в двух отдельных частях, приведено описание нескольких, из числа наиболее интересных, экспонатов 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов. Следует отметить, что описанные экспонаты не отражают полностью всего многообразия тематики, над которой работают радиолюбители-конструктора.

Работы радиолюбителей показывают, что внедрение радиотехнических методов и народное хозяйство во многих случаях позволяет значительно упростить те или иные производственные операции, усовершенствовать технологические процессы производства, улучшить качество выпускаемой продукции, а в ряде случаев решать такие задачи, выполнение которых иными средствами весьма сложно, а в некоторых случаях — невозможно.

Советские радиолюбители немало уже сделали для расширения областей применения радиотехники, однако им предстоит еще многое сделать для успешного решения возникающих повседневно вследствие бурного развития техники и промышленности в наши дни все новых и новых задач.

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

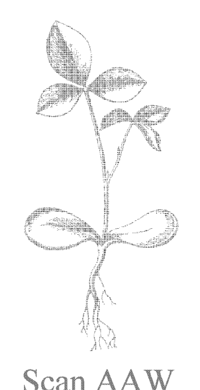
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 180

РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

Экспонаты 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1953 ЛЕНИНГРАД

Брошюра знакомит читателя с рядом наиболее интересных экспонатов 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов по разделу «Применение радиометодов в народном хозяйстве».

Авторы описанных в брошюре экспонатов за их разработку награждены ценными призами, дипломами и грамотами.

Большинство описанных в брошюре экспонатов может быть изготовлено в радиолюбительских условиях или в условиях радиомастерской.

Брошюра составлена инж. В. Г. Мавродиади по материалам 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *И. И. Спижевский* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в набор 16/III 1953 г. Подписано к печати 23/V 1953 г.
Бумага 82×108 1/32 Объем 4,92 п. л. + вкл. Уч-изд. л. 5,5
Т-02964 Тираж 15 000 Зак. 80
Цена 2 р. 25 к.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФ

(экспонат Г. Н. Федоровского, г. Москва)

Если приложить к голове человека два электрода, например, один ко лбу, другой к затылку, и соединить их с ламповым усилителем, на выходе которого включен осциллограф, то можно обнаружить электрические токи, непрерывно изменяющиеся по частоте и амплитуде в зависимости от состояния мозга.

Рядом опытов доказано, что эти токи возникают именно в мозгу. Впервые они были обнаружены еще в конце прошлого столетия русским физиологом В. Я. Данилевским при помощи чувствительного гальванометра. Однако только развитие радиотехники, и в частности, усилительной техники, позволило установить форму этих токов, точно измерить составляющие их частоты и начать их использование в медицине для диагностики различных заболеваний мозга.

В настоящее время имеется уже целый отдел в психиатрии — «клиническая электроэнцефалография», занимающаяся записью, изучением и практическим применением электрических токов, генерируемых мозгом.

Подобно тому как уже прочно вошедшая в обиход многих больниц регистрация токов сердца (электрокардиография) дает возможность врачам полнее разобраться в заболеваниях сердца, регистрация токов мозга (электроэнцефалография) позволяет полнее разобраться в заболеваниях мозга. Кроме того, регистрация токов мозга и сопоставление ее результатов с другими методами исследования центральной нервной системы позволяют еще глубже изучить работу этого сложнейшего органа человеческого тела.

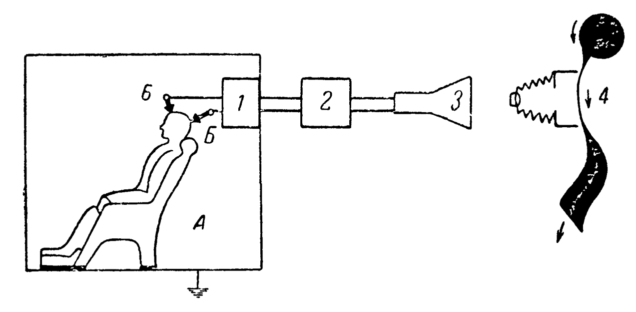
Электрические токи, образующиеся в результате деятельности живых тканей (например, мозга или сердца), часто называют биотоками. Это название происходит от греческого слова «bios», означающего «жизнь».

Назначение прибора и его основные данные

Электроэнцефалограф — это прибор для записи биотоков мозга.

Рассмотрим изображенную на фиг. 1 блок-схему размещения аппаратуры при записи электроэнцефалограмм.

Подвергающийся исследованию человек помещается в экранированной камере *А*. Биотоки мозга от него отводятся контактно, при помощи электродов *Б*, *Б*, укрепляемых на голове различными способами и подключаемых к входу предварительного усилителя *1*. Усиленные предварительным



Фиг. 1. Блок-схема аппаратуры для записи электроэнцефалограмм.

А — экранированная заземленная камера; *Б,Б* — электроды; *1* — предварительный усилитель; *2* — оконечный усилитель; *3* — осциллограф; *4* — фотокамера.

усилителем электрические колебания с его выхода подаются на вход оконечного усилителя *2* и затем — на катодный осциллограф *3*. Получающееся на экране осциллографической трубки изображение биотоков мозга фотографируется с помощью фотокамеры *4*.

Применение экранированной, обычно заземленной, камеры вызывается необходимостью снижения амплитуды колебания фона, образуемого различного рода помехами и в первую очередь городской осветительной сетью. В случае отсутствия экранированной камеры амплитуда помех может оказаться больше амплитуды биотоков мозга, что затруднит изучение получаемых электроэнцефалограмм.

В качестве отводящих токи электродов автор использовал угольные стержни, концы которых обернуты марлей, смачиваемой перед установкой раствором поваренной соли ($NaCl$) концентрации 0,8%. Электроды вставляются в обоймы, укрепляемые на изоляционных пластинках из органического стекла, и удерживаются на голове с помощью резино-

вого чепца (фиг. 2). В зависимости от задачи исследования электроды устанавливаются на те или иные участки головы соответственно находящимся под ними участкам мозга.

Амплитуды биотоков мозга составляют в среднем 30÷50 *мкв* (при регистрации через неповрежденный череп), а наиболее выраженные частоты лежат в пределах от 0,5 до 200÷400 *гц*. Основным требованием, предъявляемым к электроэнцефалографу, является неискаженное усиление этих частот, что достаточно удовлетворительно достигается применением усилителя с емкостной связью между каскадами и глубокой отрицательной обратной связью.

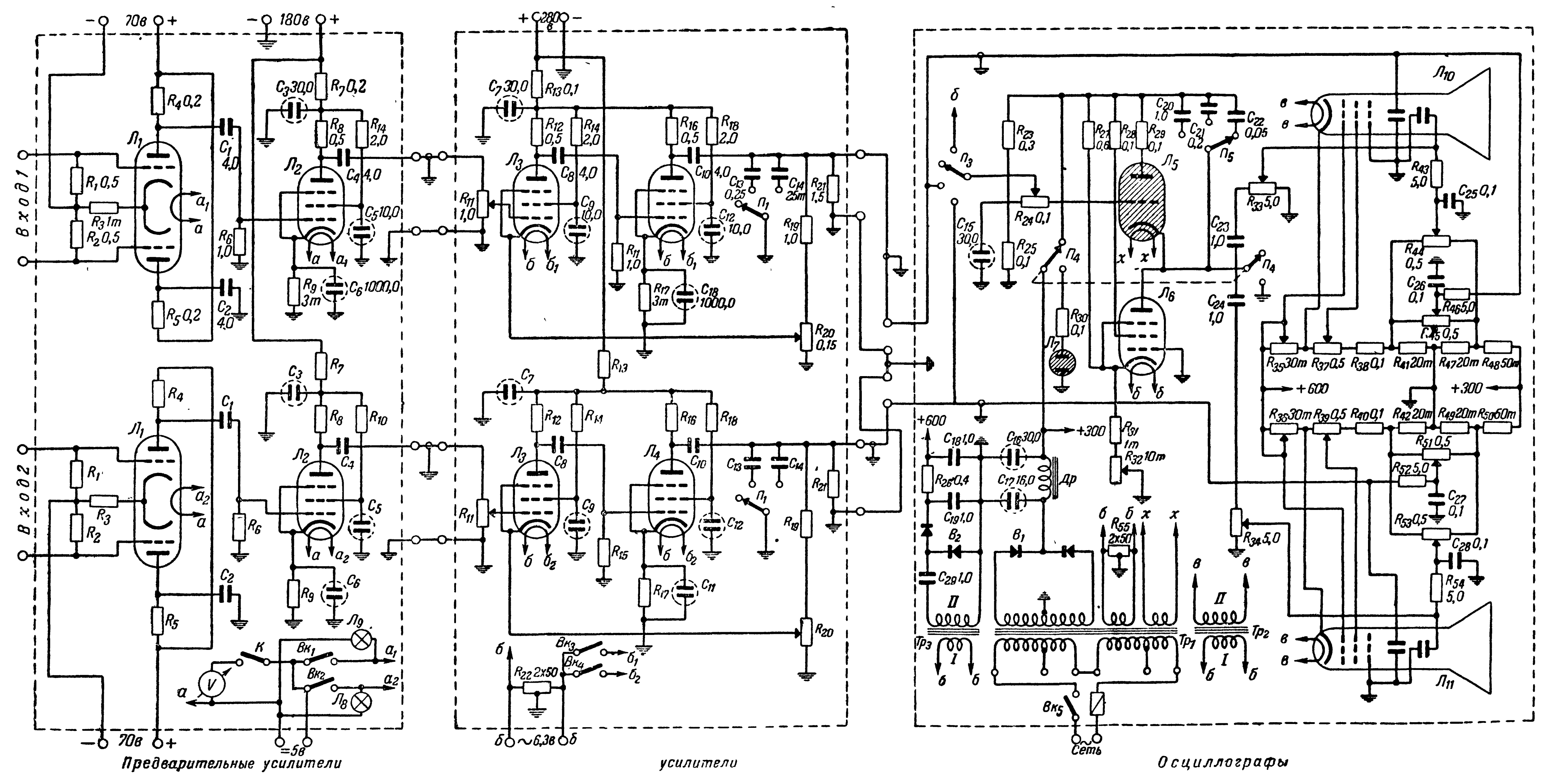


Фиг. 2. Крепление предназначенных для отведения биотоков мозга угольных электродов на голове исследуемого объекта с помощью резинового чепца.

Автор разработал простую и портативную, но достаточно надежно работающую установку.

Описываемая установка двухканальная. Это позволяет регистрировать одновременно два процесса. Оба канала идентичны. Для удобства экспериментирования каждый канал установки разделен на три блока и состоит из предварительного усилителя, оконечного усилителя и осциллографа. Фотоприставка, основной частью которой является фотокамера, сделана общей для обоих каналов. Принципиальная схема всех трех блоков обоих каналов дана на фиг. 3 (см. вклейку в конце книги).

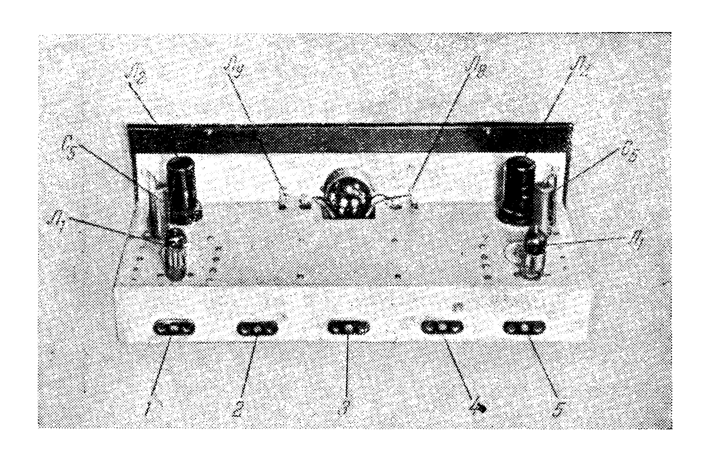
Основные параметры описываемого электроэнцефалографа, полученные автором, следующие: частотная характеристика прямолинейна в области частот от 0,5 до 5 000 *гц*; собственный шум при сопротивлении входа в 1 *мгом* не превышает 4 *мкв*; чувствительность — 1 *мкв* на 1 *мм* отклонения луча осциллографической трубки; фазовые нелинейные искажения незначительны.



Фиг. 3. Принципиальная схема всех блоков электроэнцефалографа.

Предварительный усилитель

Предварительный усилитель (фиг. 4) каждого канала состоит из двух каскадов. Первый каскад работает на лампе $Л_1$ типа 6Н15П, имеющей малый уровень шума. Каскад этот обладает очень незначительным микрофонным эффектом и не нуждается поэтому в каких-либо мерах борьбы с ним. Это обстоятельство значительно упростило конструктивное выполнение предварительного усилителя. Двойной триод



Фиг. 4. Шасси блока предварительных усилителей.

1 — входные гнезда первого каскада усилителя первого канала; *2* — гнезда для подключения анодного напряжения к первому каскаду усилителя первого канала; *3* — гнезда для подключения анодного напряжения к вторым каскадам усилителей обоих каналов; *4* — гнезда для подключения анодного напряжения к первому каскаду усилителя второго канала; *5* — входные гнезда первого каскада усилителя второго канала.

типа 6Н15П выбран еще и потому, что при одновременном отведении биотоков от двух различных участков одного и того же органа во избежание попадания токов одного процесса в другой канал целесообразнее всего применять симметричный вход в каждом канале. Одновременное же отведение токов с нескольких участков мозга часто является крайне желательным, а иногда и необходимым, например, при решении таких вопросов, как определение местонахождения опухоли, рубца в мозгу и пр. Параллельно миниатюрной панельке под лампу типа 6Н15П присоединена октальная ламповая панель. Это сделано только для возможности экспериментирования с двойными триодами, имеющими ок-

тальный цоколь, и поэтому не является обязательным. Хорошие результаты получаются также с лампами типа 6Н9С.

Через переходные емкости C_1 и C_2 сигналы подаются на сетки ламп вторых каскадов. Каждый из этих каскадов представляет собой обычный низкочастотный усилитель на сопротивлениях, в котором соответственно подобраны величины емкостей и сопротивлений. В этих каскадах работают лампы $Л_2$ типа 6Ж8.

Питание анодов первых каскадов каждого канала осуществляется раздельно, а вторых — объединенно. Этим исключается взаимодействие каналов через исследуемый объект. Некоторое, казалось бы, усложнение и неудобство, заключающееся в применении лишних анодных батарей, не является существенным, так как низкое анодное напряжение и малый ток первого каскада позволяют ограничиться применением для питания каждого из них одной малогабаритной батареи, например, типа БАС-Г-60, срок службы которой практически приближается к сроку ее хранения, т. е. достигает года.

Усилитель смонтирован на алюминиевом шасси и заключен в стальной ящик.

Вольтметр V предназначается для контроля напряжения накала, которое должно быть равно 5 *в*.

Пониженное напряжение накала способствует некоторому снижению собственного шума ламп первых каскадов. Предварительные усилители вместе с источниками питания помещаются в экранированной камере рядом с исследуемым объектом. Эти усилители соединяются с оконечными усилителями экранированными проводами.

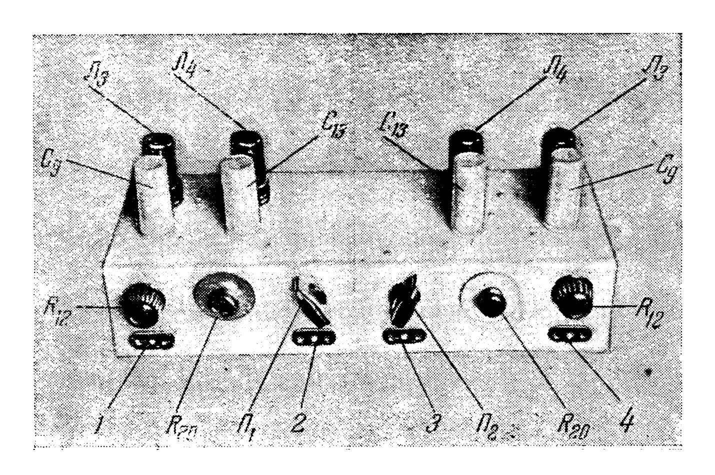
Оконечный усилитель

Оконечный усилитель (фиг. 5) каждого канала состоит также из двух каскадов на лампах $Л_3$, $Л_4$ типа 6Ж8. Оба каскада охвачены регулируемой отрицательной обратной связью, напряжение которой снимается с делителя, состоящего из сопротивлений R_{19} и R_{20}.

Потенциометром R_{11} на входе плавно регулируется усиление. Конденсаторы C_{13} и C_{14} выполняют роль фильтров, срезающих в случае необходимости частоты, лежащие выше исследуемой в данный момент полосы частот.

Оконечные усилители смонтированы на алюминиевом шасси. Питаются они от отдельного выпрямителя, дающего выпрямленное напряжение 280 *в* при потребляемом токе по-

рядка 30—40 *ма*, а также переменное напряжение 6,3 *в* для питания цепей накала. Желательно выпрямленное анодное напряжение стабилизировать с помощью газового стабилизатора. Так как электрические величины деталей усилителей



Фиг. 5. Шасси блока оконечных усилителей.

1 — входные гнезда оконечного усилителя первого канала; *2* — выходные гнезда оконечного усилителя первого канала; *3* — выходные гнезда оконечного усилителя второго канала; *4* — входные гнезда оконечного усилителя второго канала.

обоих каналов совершенно одинаковы, то чтобы не загружать схемы фиг. 3, на ней поставлены цифровые данные этих величин только для одного канала.

Осциллограф

Через емкость C_{10} усиленный до необходимого уровня (примерно в полтора миллиона раз) сигнал подается на отклоняющие пластины осциллографических трубок типа LB-8.

Осциллограф состоит из двух узлов: развертки на тиратроне $Л_5$ типа ТГ1-0,1/0,3 с токограничивающим пентодом $Л_6$ типа 6Ж4 и выпрямителей, питающих развертку и трубки. Грубая регулировка частоты развертки производится переключением емкостей C_{20}, C_{21} и C_{22} с помощью переключателя $П_5$, а плавная — изменением смещения на сетке токоограничивающего пентода 6Ж4 потенциометром R_{32}. Диапазон частоты развертки — от 1 до 10 000 *гц*.

Переключатель $П_3$ служит для включения принудительной синхронизации с каким-либо одним из двух процессов

или внешней синхронизации с частотой электросети, т. е. 50 *гц*. Глубина синхронизации регулируется сопротивлением R_{24}.

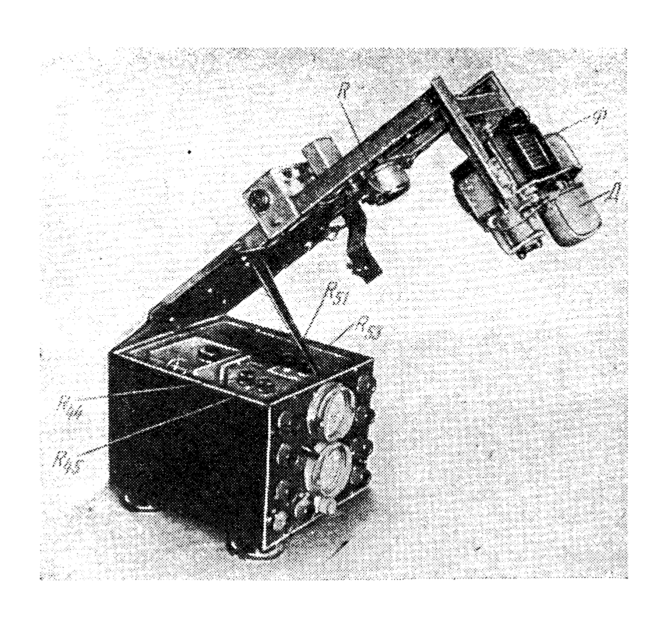
Смещение луча по вертикали осуществляется для трубки $Л_{10}$ потенциометром R_{45}, а для трубки $Л_{11}$ потенциометром R_{51}; по горизонтали — соответственно потенциометрами R_{44} и R_{53}.

Пилообразное напряжение подается на обе трубки через отдельные разделительные конденсаторы C_{23} и C_{24} и регулируется потенциометрами R_{33} и R_{34}. При фотографировании осциллограмм развертка выключается выключателем $П_4$, который одновременно снимает анодное напряжение с развертки, заземляет горизонтальные пластины и зажигает сигнальную неоновую лампочку $Л_7$.

Питается осциллограф от двух селеновых выпрямителей. Выпрямитель B_1, питающий развертку, рассчитан на напряжение 300 *в*. Селеновые столбики имеют по 18 шайб диаметром 15 *мм* в каждом плече. Дроссель *Др* фильтра имеет 3 000 витков ПЭ 0,14, сечение его сердечника — 3 *см*^{2}. Силовой трансформатор $Тр_1$ заводского изготовления типа ЭЛС-2. От него берется через выпрямитель анодное напряжение для питания развертки, напряжение для накала нити тиратрона (используется кенотронная обмотка), напряжение для накала нити токоограничивающего пентода и питаются трансформатор $Тр_2$ накала трубок и трансформатор $Тр_3$ высокого напряжения.

Для накала нитей трубок $Л_{10}$ и $Л_{11}$ применен отдельный трансформатор $Тр_2$. Его данные для трубок типа LB-8 следующие: сечение сердечника — 3 *см*^{2}; первичная обмотка — 120 витков ПЭ 0,5; вторичная обмотка — 250 витков ПЭ 0,3. Изоляция обмоток между собой и по отношению к корпусу у этого трансформатора должна быть достаточно надежной, так как пробой вторичной обмотки на землю может вызвать пробой катода осциллографической трубки на ее нить накала.

Выпрямитель B_2, питающий осциллографические трубки высоким напряжением, собран по однополупериодной схеме выпрямления с удвоением напряжения на селеновых столбиках. Он дает около 600 *в* выпрямленного напряжения. Конденсаторы C_{18}, C_{19} и C_{29} рассчитаны на рабочее напряжение 750 *в*. В качестве повышающего трансформатора $Тр_3$ использован обычный междуламповый трансформатор с последовательно соединенными обмотками, поверх которых намотана тщательно изолированная первичная обмотка *1*,



Фиг. 6. Блок осциллографов с приоткрытой крышкой, на которой укреплена фотоприставка и электродвигатель для плавной протяжки фотопленки.

состоящая из 110 витков ПЭ 0,3. Сечение его сердечника — 3 *см*². Общее число витков повышающей обмотки — 15 000.

Осциллограф (фиг. 6) смонтирован в стальном ящике с открывающейся верхней крышкой, на которой укрепляется фотоприставка с фотоаппаратом *Ф*, электродвигателем *Д* и реостатом *R*.

Фотоприставка и процесс фотографирования энцефалограмм

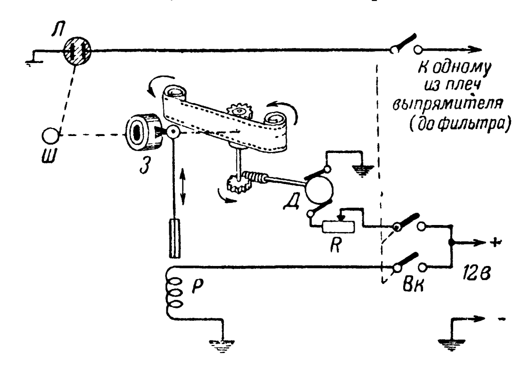
Фотоприставка служит для записи на фотопленку колебаний, возникающих на экранах осциллографических трубок. Ее схема показана на фиг. 7. Основной частью фотоприставки является обычный фотоаппарат *Ф* типа ФЭД или какой-либо другой, переделанный таким образом, чтобы пленка в нем могла плавно и непрерывно двигаться. Для передвижения пленки используется маленький электродвигатель.

Автором данной конструкции для этой цели был применен электродвигатель от автомобильного стеклоочистителя.

При изготовлении фотоприставки необходимо обеспечить возможность плавного движения фотопленки со скоростью от 1,5 до 8 *см/сек.* Изменение скорости в этих пределах достигается с помощью включенного последовательно с электродвигателем *Д* реостата *R*.

При помощи выключателя *Вк* одновременно включаются электродвигатель, неоновая лампочка *Л*, предназначаемая для отметки времени, и соленоидное реле *Р*, открывающее объектив фотоаппарата.

Электродвигатель *Д* и реле *Р* питаются от специального селенового выпрямителя (или какого-либо другого источника постоянного тока), дающего напряжение 12 *в*.



Фиг. 7. Схема фотоприставки.

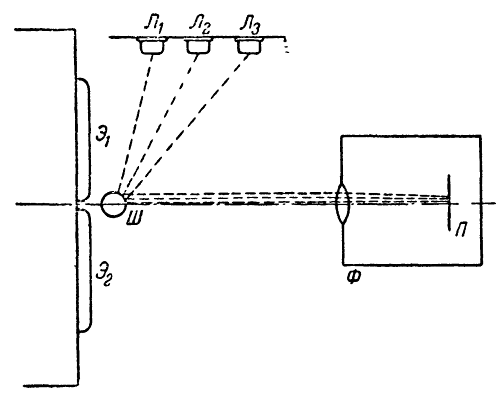
Л — неоновая лампа; *Ш* — полированный шарик; *З* — затвор; *Р* — соленоидное реле; *Д* — электродвигатель; *R* — реостат; *Вк* — выключатель.

С помощью фотоприставки можно производить фотозапись на пленке одновременно двух кривых (токов двух отведений, усиливаемых и разворачиваемых отдельными каналами электроэнцефалографа), отметок времени и периода действия на исследуемый объект каких-либо двух или одного раздражителей.

Отметка на фотопленке времени и других каких-либо процессов осуществляется следующим образом.

В свободном пространстве между осциллографическими трубками укрепляется полированный металлический шарик *Ш* (от шарикоподшипника) диаметром $5 \div 8$ *мм* (фиг. 8). В нем в виде точечных изображений отражаются лучи света трех сигнальных неоновых ламп $Л_1$, $Л_2$ и $Л_3$. Одна из этих неоновых ламп $Л_2$ питается переменным током от половины высоковольтной обмотки выпрямителя осциллографа и дает

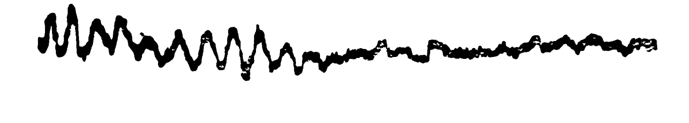
50 ярких вспышек в секунду[1], отмечаемых на фотопленке в виде четких точек, расстояние между которыми соответствует 0,02 сек. Две другие неоновые лампы ($Л_1$ и $Л_3$) пи-



Фиг. 8. Схема нанесения на фотопленку отметок времени и отметок двух каких-либо процессов.

$Э_1$ и $Э_2$ — экраны электронно-лучевых трубок осциллографов; $Л_1$, $Л_2$ и $Л_3$ — неоновые сигнальные лампочки; $Ш$ — полированный стальной шарик (от шарикоподшипника), $Ф$ — фотокамера; $П$ — фотопленка.

Пунктиром указан ход лучей от сигнальных ламп до фотопленки.



Фиг. 9. Электроэнцефалограмма, на которой видно угнетение частоты 10 *гц* (так называемого альфаритма) под влиянием освещенности глаз.

Пунктирная линия — линия времени; сплошная линия — период действия источника света на глаза исследуемого объекта.

таются от отдельной малогабаритной батареи БАС-Г-60. Включаются и выключаются эти лампы с помощью раздельных выключателей одновременно с включением или выклю-

---

[1] Остальные 50 вспышек, возникающие от полупериодов переменного тока имеющих противоположную фазу, ввиду полярности неоновой лампочки настолько слабы, что их отметка на фотопленке не получается.

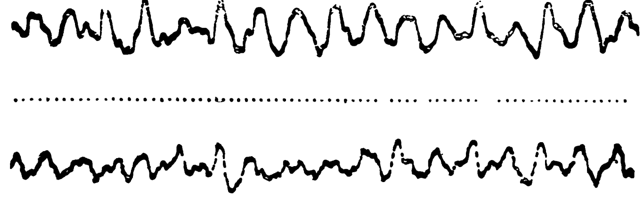
чением каких-либо приборов-раздражителей, например, с электрической лампой, электрическим звонком, звуковым генератором и т. д. При этом на фотопленке в течение времени включения того или иного раздражителя получается отметка в виде сплошной линии (фиг. 9).



Фиг. 10. Электрокардиограмма первого отведения (сверху) и энцефалограмма (снизу), заснятые одновременно с помощью электроэнцефалографа.

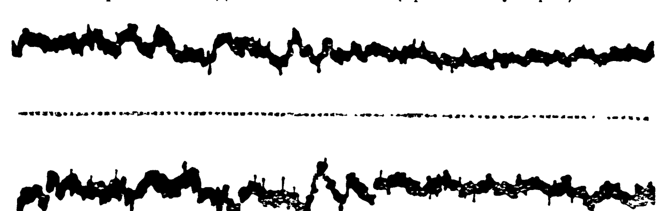
Необходимость получения таких отметок на фотопленке вызывается тем, что на характере биотоков мозга резко сказывается состояние деятельности мозга.

Установлено, что освещение больного, наличие какого-либо звука, приказание больному открыть или закрыть глаза, решить арифметическую задачу и т. д. резко



Фиг. 11. Электроэнцефалограмма здорового человека 54 лет.

Верхняя кривая — отведение лоб-затылок (левое полушарие); нижняя кривая — отведение лоб-затылок (правое полушарие).



Фиг. 12. Электроэнцефалограмма больного прогрессивным параличем.

Верхняя кривая — отведение лоб-затылок (левое полушарие); нижняя кривая — отведение лоб-затылок (правое полушарие).

влияют на характер электроэнцефалограммы. Очень важно при этом выяснить, через сколько долей секунды после включения или выключения раздражителя происходит из-

менение характера биотоков мозга, так как у больных и здоровых людей это происходит по-разному.

С помощью описанного электроэнцефалографа можно регистрировать также биотоки сердца. На фиг. 10 показаны электрокардиограмма и энцефалограмма, заснятые с помощью электроэнцефалографа.

На фиг. 11 приведена типичная электроэнцефалограмма здорового человека. На фиг. 12 показана электроэнцефалограмма больного прогрессивным параличем.

Построенный автором энцефалограф был успешно применен в одной из клиник г. Москвы.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР С МАГНЕТРОННЫМ ДАТЧИКОМ

(*экспонат В. В. Бурцева, г. Сталинск*)

Известно, что в двухэлектродной электронной лампе под влиянием электрического поля, создаваемого анодным напряжением, электроны двигаются от катода к аноду, т. е. в обратном направлении по отношению к направлению силовых линий этого поля. Траектория движения каждого электрона представляет собой прямую линию, являющуюся кратчайшим расстоянием между анодом и катодом.

Что произойдет с электронным потоком, если электронную лампу поместить в магнитное поле?

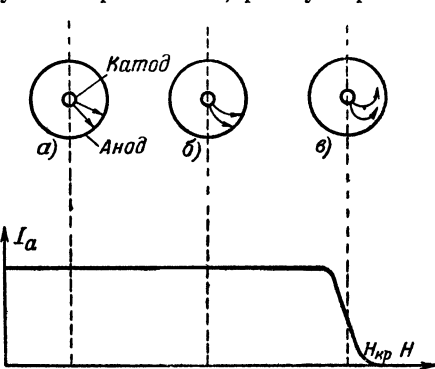
Если электроны будут двигаться вдоль силовых линий магнитного поля, то оно не будет оказывать на них никакого воздействия. Однако при движении электронов под каким-либо углом к силовым линиям магнитного поля на них начнет действовать некоторая сила. Поток электронов удобно сравнить с проводником, по которому идет ток. Если проводник расположить вдоль магнитных силовых линий, то сила, действующая на него, будет равна нулю. Если же проводник расположить перпендикулярно к направлению магнитных силовых линий, то сила, действующая на него, достигнет наибольшей величины.

Сила, действующая на проводник с током, зависит также от густоты магнитного поля; чем гуще расположены магнитные силовые линии, тем с большей силой поле действует на проводник с током.

Предположим, что электрон, вылетевший с катода и движущийся прямолинейно навстречу электрическому полю, встречает на своем пути магнитное поле, силовые линии которого направлены под прямым углом к линиям электриче-

ского поля. Под действием магнитного поля путь полета электрона начнет искривляться. Траектория движения электрона будет представлять собой замкнутый круг, лежащий в плоскости, перпендикулярной к направлению силовых линий магнитного поля. Радиус этого круга (окружности) будет прямо пропорционален скорости движения электрона. Таким образом, электрон, обладающий большой скоростью, будет двигаться по траектории с большим радиусом кривизны, а электрон, обладающий меньшей скоростью, — по кругу с меньшим радиусом. Кроме того, радиус траектории зависит от интенсивности магнитного поля; с увеличением последней радиус траектории движения электрона уменьшается. При сильном магнитном поле радиус траектории уменьшается настолько, что электрон, не долетая до анода, возвращается на катод лампы.

При установлении режима, при котором все электроны будут возвращаться к катоду, анодный ток в лампе прекратится.



Фиг. 13. График зависимости анодного тока I_a от напряженности магнитного поля H в двухэлектродном магнетроне.
а — магнитное поле отсутствует; *б* — слабое магнитное поле; *в* — сильное магнитное поле.

Величина напряженности магнитного поля, при которой происходит полное прекращение анодного тока, называется «критической» напряженностью и обозначается как $H_{кр}$. Электровакуумную лампу, в которой поток электронов, летящих от катода к аноду, управляется извне магнитным полем, принято называть магнетроном.

Таким образом, магнетрон представляет собой двухэлектродную электронную лампу с цилиндрическим анодом, вдоль оси которого проходит нить накала. Между нитью накала и анодом приложено напряжение. Электронная лампа помещается в магнитное поле так, чтобы магнитный поток был перпендикулярен к движению электронов от катода к аноду.

В магнетронной лампе с двумя электродами примерная зависимость изменения анодного тока от напряженности магнитного поля представлена на графике фиг. 13. Из этого

графика следует, что анодный ток I_a при напряженности магнитного поля H, меньшем $H_{кр}$, остается постоянным по величине и только при H, равном $H_{кр}$, падает до нуля. При постепенном увеличении напряженности магнитного поля и подходе его к величине $H_{кр}$, анодный ток практически прекращается не сразу. Причиной этому является то, что летящие от нити к аноду электроны не все обладают одинаковыми скоростями.

В случае применения в качестве магнетрона трехэлектродной лампы типа УБ-107 (имеющей управляющую сетку) изменением в некоторых пределах напряженности магнитного поля можно получить еще более постепенное спадание анодного тока. Это очень важно для использования магнетрона в измерительной технике. Опыт показал, что лампу типа УБ-107 можно использовать в качестве датчика при изготовлении описываемого измерительного прибора, позволяющего осуществить ряд магнитных измерений.

Необходимо, однако, отметить, что при применении специальной электрометрической электронной лампы, повидимому, можно получить еще более высокие результаты.

Принципиальная схема прибора

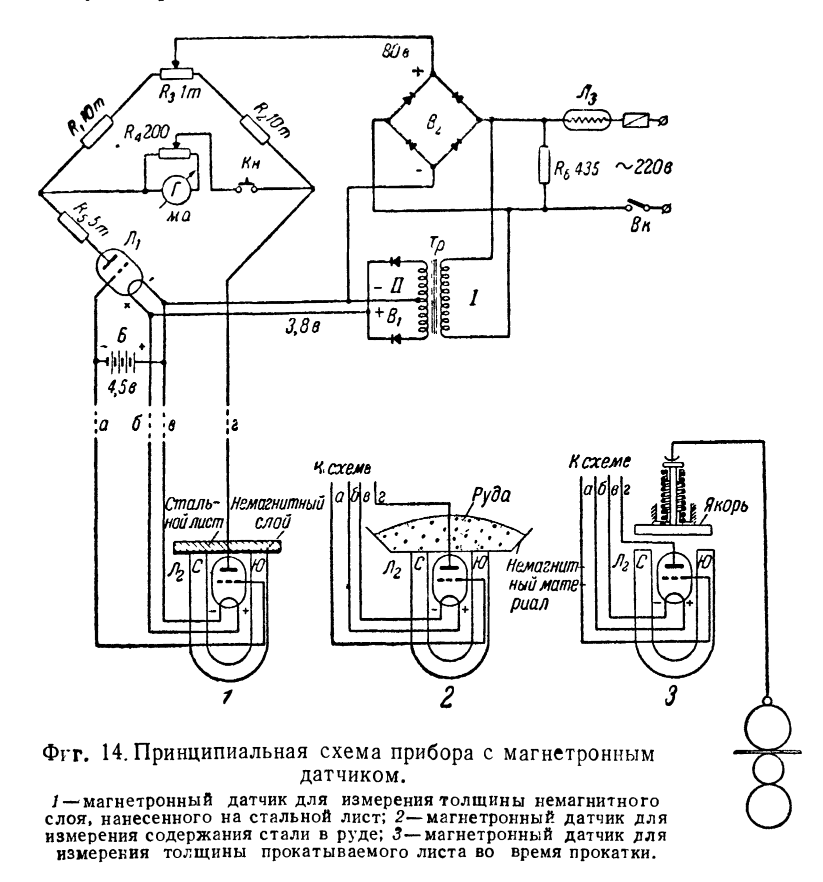
Описываемый прибор построен по схеме балансного усилителя постоянного тока с чувствительным гальванометром $Г$ в диагонали моста. Принципиальная его схема показана на фиг. 14.

Прибор содержит две лампы $Л_1$ и $Л_2$ типа УБ-107, нити накала которых соединены параллельно и питаются через селеновый выпрямитель $В_1$ от вторичной обмотки понижающего трансформатора $Тр$. Обе эти лампы получают постоянное напряжение смещения от батареи напряжением 4,5 *в*. Напряжение сети 220 *в* стабилизируется бареттером $Л_3$ типа 0,3Б65-135, выпрямляется селеновым выпрямителем $В_2$ и подводится к анодам обеих ламп УБ-107. Напряжение это после выпрямления и стабилизации становится равным 80 *в*.

Лампа $Л_2$ заключена между полюсами подковообразного магнита и представляет собой магнетронный датчик. Магнитная цепь подковообразного магнита замыкается через измеряемое изделие или материал. В зависимости от магнитной проницаемости материала изменяется напряженность магнитного поля между полюсами магнита, а от изменения магнитного поля изменяется величина анодного тока электронной лампы $Л_2$. Последняя включена в одно из плеч

измерительного моста, баланс которого контролируется гальванометром *Г*.

Регулировка моста и установка стрелки гальванометра на нуль производятся подбором величины временно вклю-



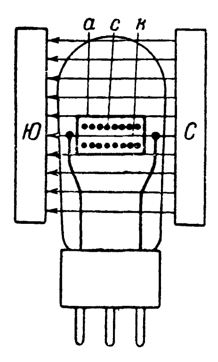
Фиг. 14. Принципиальная схема прибора с магнетронным датчиком.

1 — магнетронный датчик для измерения толщины немагнитного слоя, нанесенного на стальной лист; *2* — магнетронный датчик для измерения содержания стали в руде; *3* — магнетронный датчик для измерения толщины прокатываемого листа во время прокатки.

ченного в схему переменного сопротивления, заменяющего постоянное сопротивление R_5. Движок потенциометра R_3 при подборе сопротивления R_5 должен быть установлен в среднее положение. После того как величина подбираемого сопротивления установлена, переменное сопротивление заменяется равным ему постоянным сопротивлением R_5. Корректировка нуля в дальнейшем производится только потенциометром R_3. Реостатом R_4 осуществляется изменение

в желаемых пределах и установление необходимого максимума показаний шкалы (чувствительность прибора).

Электронная лампа типа УБ-107, как известно, представляет собой заключенный в стеклянном баллоне усилительный триод с бариевым катодом прямого накала. Анод этой лампы расположен горизонтально. Лампа не имеет экрана для защиты от воздействия на нее магнитных полей. Эти конструктивные данные лампы типа УБ-107 оказались весьма подходящими для использования ее в качестве магнетронного датчика.



Фиг. 15. Установка электронной лампы типа УБ-107 между полюсами подковообразного магнита. *а* — анод; *с* — управляющая сетка; *к* — катод лампы; *С* и *Ю* — полюса постоянного магнита.

Расположение электронной лампы магнетронного датчика между полюсами постоянного магнита показано на фиг. 15. Точную установку лампы следует производить по наименьшему отклонению стрелки гальванометра.

Описываемый прибор предназначен для измерения толщины немагнитного покрытия стальных листов. Однако он может быть применен и для других целей, например, для контроля и автоматического регулирования тока подмагничивания магнитного сепаратора [1], для контроля за магнитными свойствами руды, и в частности, за содержанием железа в руде, поступающей в магнитные сепараторы, для измерения толщины прокатываемых листов металла и т. д.

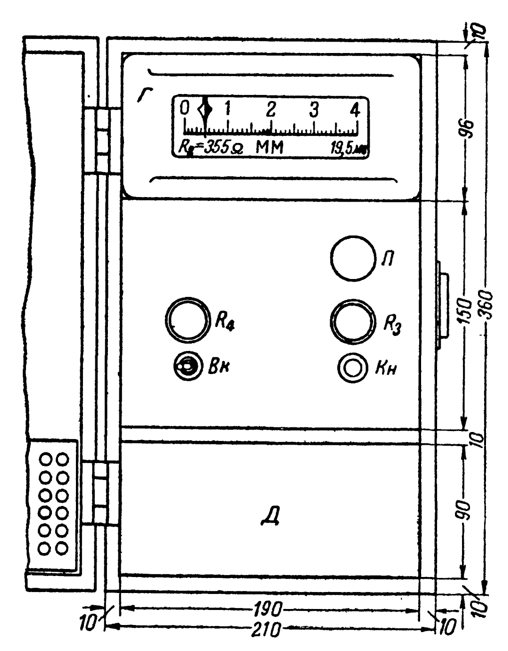
Конструкция прибора

Прибор собран в деревянном ящике с плотно закрывающейся укрепленной на петлях крышкой (фиг. 16).

В верхней части ящика расположен гальванометр *Г* профильного типа со шкалой 19,5 *мв*. Внутреннее сопротивление гальванометра 355 *ом*. Шкала проградуирована в толщинах немагнитного слоя от 0 до 4 *мм*. Гальванометр расположен вертикально; он имеет арретир и механический корректор «нуля». Под гальванометром расположен измерительный блок, собранный на эбонитовой панели разме-

[1] Об устройстве магнитных сепараторов см. книгу: В. Г. Деркач и И. С. Дацюк, Электромагнитные процессы обогащения, Металлургиздат, 1947.

рами 190×150 *мм*. На лицевой стороне этой панели расположены: ручка потенциометра R_3 для установки и корректировки «нуля» прибора; ручка реостата R_4 для установки желаемой чувствительности прибора; кнопка *Кн* для включения гальванометра (нажимается в момент измерения); панелька *П* с гнездами для включения магнетронного датчика; выключатель *Вк*, отключающий прибор от сети.



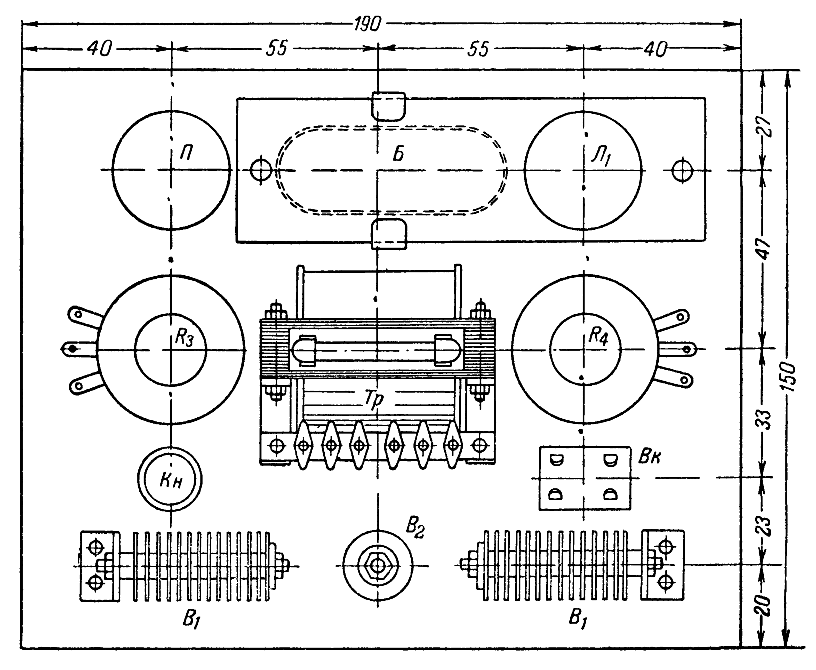
Фиг. 16. Расположение деталей на лицевой стороне прибора.

Г — гальванометр; *П* — панелька для включения датчика; *Вк* — выключатель прибора; *Кн* — кнопка; *Д* — место расположения датчика и проводов после окончания пользования прибором.

На внутренней стороне панели (фиг. 17) расположены: балансная лампа $Л_1$ типа УБ-107, батарея *Б* от карманного фонаря на 4,5 *в* для подачи отрицательного напряжения смещения на сетки ламп $Л_1$ и $Л_2$, понижающий трансформатор *Тр* для питания нитей накала ламп, селеновые выпрямители $В_1$ и $В_2$ для выпрямления анодного тока и тока накала ламп, потенциометр R_3 сопротивлением 1 000 *ом*, реостат R_4 на 200 *ом*, панелька *П* для включения датчика, выключатель *Вк*, кнопка *Кн*. Сопротивления R_1 и R_2 — по

10 000 *ом* каждое, а также R_5 — около 5 000 *ом*, на фиг. 17 не показаны. Трансформатор *Тр* собран на сердечнике сечением 1 *см*². Его первичная обмотка *I* состоит из 2 180 витков провода ПЭ 0,2, а вторичная обмотка *II* — из 2 × 100 витков провода ПЭ 0,4.

На крышке прибора установлены бареттер $Л_3$ типа 0,3Б65-135 и нагрузочное остеклованное сопротивление R_6 величиной 435 *ом*, рассчитанное на ток 0,3 *а*.



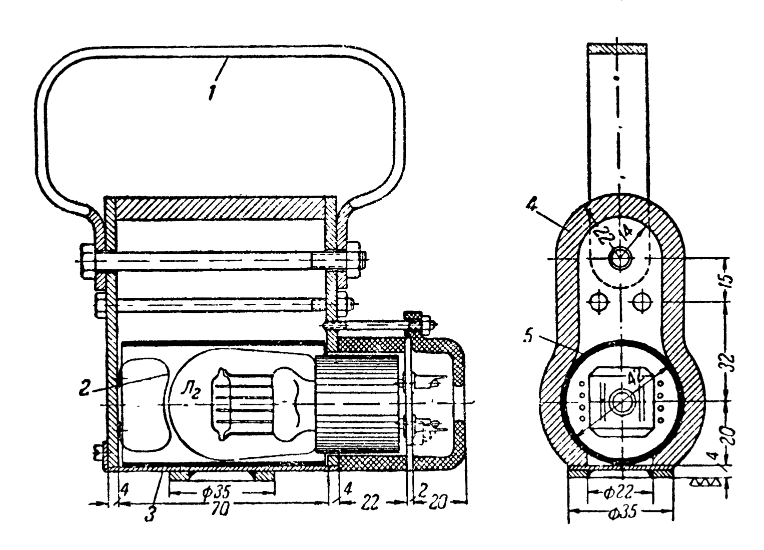
Фиг. 17. Расположение деталей на внутренней стороне панели прибора.

Б — батарея от карманного фонаря; *П* — панелька для включения датчика; $Л_1$ — ламповая панелька; *Кн* — кнопка; *Вк* — выключатель.

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 *в*. Провода питания имеют длину 5 *м*; для защиты от повреждения их полезно заключить в резиновую трубку.

В отсеке нижней части ящика помещается магнетронный датчик, подсоединяемый к прибору с помощью четырехпроводного шнура длиной 1,5 *м*. Устройство магнетронного датчика показано на фиг. 18. Для датчика использован сильный подковообразный магнит от телефонного индуктора.

Внутри между полюсами магнита в картонном футляре расположена электронная лампа $Л_2$ типа УБ-107. Панелька лампы крепится текстолитовой колодкой (сбоку) к одной из щек магнита. Со стороны полюсов лампа защищена крышкой из немагнитного материала. На крышке имеется бортик высотой 4 *мм*, внешним диаметром 35 *мм* и внутренним диаметром 22 *мм*. Этим бортиком магнетронный датчик



Фиг. 18. Устройство магнетронного датчика для измерения толщины немагнитного слоя, нанесенного на стальные листы.

1 — ручка для переноски датчика; *2* — упругая пластинка для амортизации лампы датчика; *3* — крышка из немагнитного материала; *4* — постоянный магнит; *5* — картонный футляр.

ставится на измеряемую поверхность стального, покрытого немагнитным материалом, листа. В верхней части датчика имеется ручка, при помощи которой его можно перемещать по измеряемому стальному листу.

На дне отсека ящика, где помещается магнетронный датчик, имеется стальная пластина, на которую датчик ставится для проверки «нуля». При этой проверке необходимо нажать кнопку *Кн* и потенциометром R_3 установить «нуль» прибора.

Установка «максимума» шкалы производится следующим образом: берется пластинка из обычно измеряемого не-

магнитного материала толщиной, точно соответствующей толщине, указанной на крайнем делении шкалы прибора. Пластинка кладется на стальной лист и на нее ставится магнетронный датчик. Реостатом R_4 корректируется «максимум» шкалы.

После установки «нуля» и «максимума» шкалы прибор готов к использованию.

Работа с прибором

Описанный прибор может быть применен для ряда магнитных измерений.

Особенно точные результаты дает прибор при измерении толщины немагнитного слоя, нанесенного на стальные листы больших размеров. Такое измерение осуществляется весьма просто: после проверки «нуля» и «максимума» шкалы описанным выше способом датчик устанавливается на проверяемое место покрытого немагнитным материалом стального листа, нажимается кнопка *Кн* и по шкале гальванометра *Г* непосредственно отсчитывается толщина немагнитного слоя в миллиметрах.

Прибором можно измерять толщину немагнитного слоя от 0 до 30 *мм*. Однако особенно хорошие результаты прибор дает при градуировке его на диапазон от 0 до 5 *мм*. В этом случае шкала гальванометра получается почти равномерной.

Прибор весьма чувствителен; он позволяет замечать изменения в толщине немагнитного слоя, составляющие сотые доли миллиметра. Погрешность прибора достигает порядка 2%. При хорошей стабилизации питающих прибор напряжений его чувствительность к измерениям толщины немагнитного слоя может быть значительно повышена.

Описываемый прибор с магнетронным датчиком может быть также применен для непрерывного измерения магнитной проницаемости руды, поступающей на обогащение в магнитный сепаратор. В этом случае датчик прибора устанавливается в таком месте, чтобы в непосредственной близости от его магнитных полюсов перемещалась руда, поступающая в магнитный сепаратор. В любом случае такого применения прибора руда от датчика должна обязательно отделяться по возможности не особенно толстым слоем немагнитного материала. Гальванометр в этом случае может быть применен с самописцем для автоматической записи результатов измерений. Вместо гальванометра мо-

жет быть включен какой-либо исполнительный механизм [1], например, механизм, автоматически воздействующий на реостат, включенный в цепь подмагничивающего тока магнитного сепаратора, или автоматически регулирующий скорость подачи руды, а следовательно, и увеличивающий производительность магнитного сепаратора.

Необходимо отметить, что толщина слоя перемещающейся измельченной руды около датчика практически не влияет на показания прибора. Это объясняется тем, что толщина этого слоя обычно достаточно велика.

При различных конструктивных видоизменениях датчика прибор может измерять толщину различных материалов, например, прокатываемого через вальцы металла, а также расход воды, давление, вес и т. д. Прибор позволяет осуществлять магнитный анализ металлов и сплавов.

Одно из важнейших применений прибора на обогатительных фабриках заключается в возможности использования его для постоянного контроля за напряженностью магнитного поля, создаваемого магнитным сепаратором. Несвоевременно замеченный обслуживающим персоналом выход из строя части или целой катушки магнитного сепаратора может привести к уходу с так называемой пустой рудой дорогого материала — качественной железной руды. Применение средств автоматики позволяет и в этом случае осуществить автоматический контроль за работой сепараторов и своевременную их остановку в случае аварии.

Для контроля за работой магнитного сепаратора датчик конструктивно выполняется не так, как это было описано выше. Лампу типа УБ-107 следует поместить не между полюсами постоянного магнита, а между двумя пластинами из мягкой стали. Если такой датчик поместить в магнитное поле сепаратора, то наводящийся в пластинах магнитный поток замкнется через лампу и вызовет в ней изменение анодного тока. Величина анодного тока, а следовательно, и показания гальванометра *Г* или действие исполняющего механизма будут характеризовать качество работы магнитного сепаратора.

Магнетронный датчик может найти самые различные применения как в технике магнитных измерений, так и при измерении различных неэлектрических величин.

---

[1] Описание различных автоматически регулирующих механизмов см., например, в книге: Е. В. Ерофеев, Электронные приборы теплового контроля и регулирования, Госэнергоиздат, 1951.

ПЕРЕНОСНЫЙ ОДНОНИТОЧНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП

(экспонат Ф. С. Дьякова и Е. Г. Рижикова, г. Ленинград)

Для проверки качества рельсов, уложенных на железнодорожном пути, в настоящее время применяется разработанный Сибирским физико-техническим институтом дефектоскоп типа ДС-13. Дефектоскоп типа ДС-13 * — двухниточный (позволяет проверять оба рельса одновременно). Он установлен на медленно передвигаемой вдоль по рельсам железнодорожного пути четырехколесной тележке и предназначен только для проверки рельсов, уже уложенных на железнодорожном пути. Авторы поставили перед собой задачу разработать на базе дефектоскопа типа ДС-13 облегченную конструкцию однониточного дефектоскопа, пригодного для нахождения дефектов в одиночных рельсах до их укладки на железнодорожное полотно.

Описываемый переносный однониточный дефектоскоп позволяет быстро выявлять дефекты в рельсах всех типов, применяемых на железнодорожном транспорте. Основное назначение дефектоскопа — проверка рельсов, хранящихся на станках покилометрового запаса, а также кусков рельса до и после сварки. Но им также можно проверять и рельсы железнодорожного пути.

Прибор обнаруживает дефекты в виде различного рода трещин и изломов. Для обнаружения дефекта требуется произвести проверку рельса по всему его сечению как со стороны головки, так и со стороны подошвы. Описываемый дефектоскоп обеспечивает возможность такой проверки.

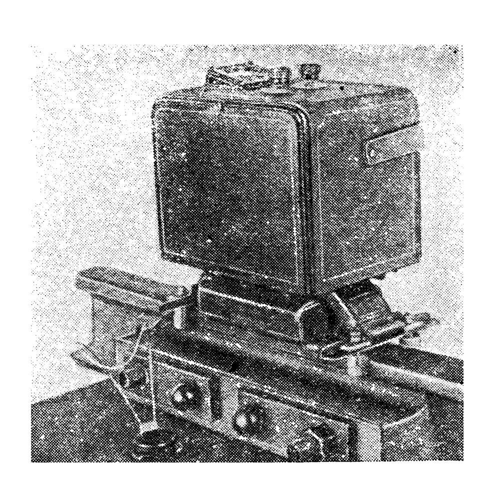
Наличие дефекта в рельсе отмечается появлением сильного звука в телефоне дефектоскопа и отклонением стрелки измерительного прибора, выполняющего роль индикатора. Степень серьезности дефекта определяется путем дальнейшего осмотра рельса на участке, отмеченном прибором.

Дефекты рельса в стыках в пределах длины накладок прибором не обнаруживаются.

Общий вид дефектоскопа приведен на фиг. 19. Дефектоскоп смонтирован в металлическом футляре и состоит из

---

* Подробно о дефектоскопе типа ДС-13 см. Руководство по работе с дефектоскопной тележкой системы Сибирского физико-технического института, Модель № 13 (ДС-13), Трансжелдориздат, 1947.



Фиг. 19. Общий вид переносного однониточного дефектоскопа для исследования качества рельс.

следующих частей: футляра, искательной системы с роликовой кареткой, лампового генератора и усилительного устройства (в виде отдельного блока), источников питания и индикаторов.

Схема, принцип действия и детали дефектоскопа

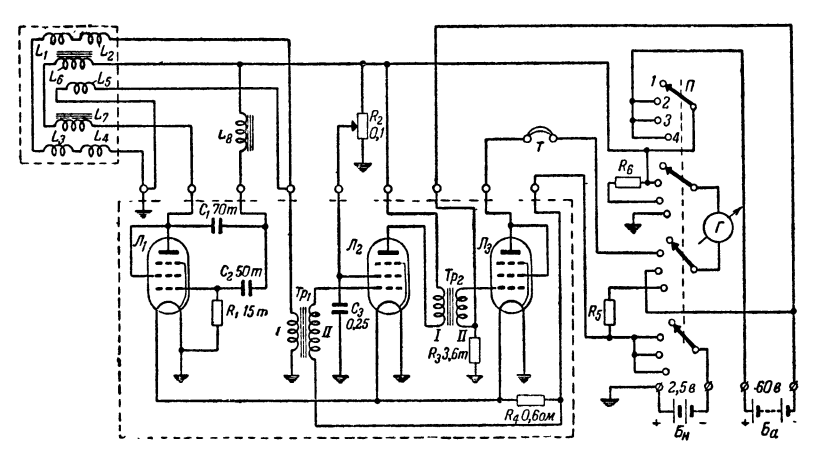
Принципиальная схема дефектоскопа, состоящая из лампового генератора, искательной системы и усилителя низкой частоты, изображена на фиг. 20.

Ламповый генератор прибора собран по схеме самовозбуждения на лампе $Л_1$ типа СО-258. Колебательный контур этого генератора состоит из катушек L_6, L_7, L_8 и конденсатора C_1 (емкость подбирается при настройке генератора). Частота возбуждаемых генератором звуковых колебаний равна 800 *гц*.

Экранная сетка лампы $Л_1$ соединена с анодом, так как эта лампа используется как триод. Такое включение лампы несколько повышает мощность генератора.

Генератор служит для образования переменного тока звуковой частоты в обмотках катушек L_6 и L_7, являющихся индукторами магнитного поля. Индукторы представляют собой катушки с разомкнутыми сердечниками из трансформаторной стали. Благодаря тому, что эти катушки имеют

стержневые разомкнутые сердечники, создаваемое ими магнитное поле занимает значительный объем в пространстве. При отыскании дефектов индукторы располагаются вблизи рельса. Конфигурация образуемого ими магнитного поля зависит от взаимного расположения индукторов и рельса, а также от профиля самого рельса и от наличия в нем дефектов. При отсутствии дефектов в рельсе и при симметричном расположении (относительно рельса) индукторов магнитное поле будет симметричным. При обнаружении



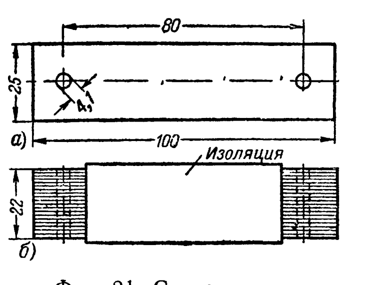
Фиг. 20. Полная схема дефектоскопа.
Сопротивления R_5 и R_6 подбираются в зависимости от характеристики используемого измерительного прибора.

вблизи индукторов какого-либо дефекта в рельсе магнитное поле искажается, симметричность его нарушается.

Вблизи от индукторов L_6 и L_7 симметрично по отношению к ним располагаются пять искательных катушек: L_1, L_2, L_3, L_4 и L_5, представляющих собой вместе с индукторами искательную систему дефектоскопа, являющуюся наиболее ответственной частью прибора. Регулировкой расположения этих катушек и определенным соединением между собой их концов добиваются такого положения, чтобы при полной симметричности магнитного поля, возбуждаемого индукторами, суммарная э. д. с. на выводах искательной системы была равна нулю. В этом случае, при нарушении симметричности магнитного поля, например, под влиянием какого-либо дефекта (трещины, выбоины, наплыва, изменения профиля и т. д.), произойдет магнитная разбалансиров-

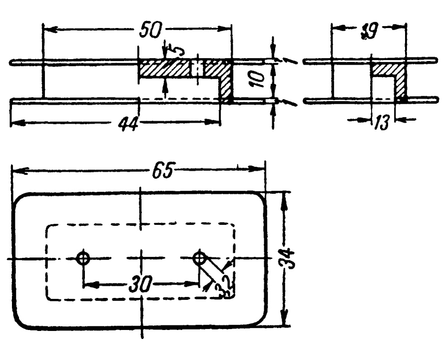
ка и вследствие этого суммарная э. д. с. на выводах искательной системы не будет равна нулю. Эта э. д. с. подается на вход усилителя и обеспечивает действие включенных на его выходе индикаторов, отмечающих обнаружение дефекта. Искательная система дефектоскопа расположена в его нижней части. Во время проверки рельса она устанавливается непосредственно над исследуемой поверхностью.

Катушка L_8 имеет многослойную намотку, содержащую 900 витков провода ПЭ 0,25. Индуктивность ее составляет



Фиг. 21 Сердечники для катушек L_6 и L_7.

а — пластина из трансформаторной стали для сердечника; *б* — сердечник индукторной катушки в собранном виде.



Фиг. 22. Каркасы для катушек L_1, L_2, L_3, L_4 и L_5.

320 ± 10 *мгн*, а добротность — не менее 4. Сердечник для этой катушки собран из 34 Ш-образных типа А № 1 (стандарт СТ-360А) пластин трансформаторной стали.

Катушки L_6 и L_7 одинаковые и не имеют каркасов, т. е. наматываются непосредственно на стержневые (незамкнутые) сердечники, набранные из прямоугольной формы пластин трансформаторной стали толщиной 0,35 *мм*. Каждый сердечник состоит из 55 таких пластин. Размеры одной пластины, а также сердечника в собранном виде приведены на фиг. 21.

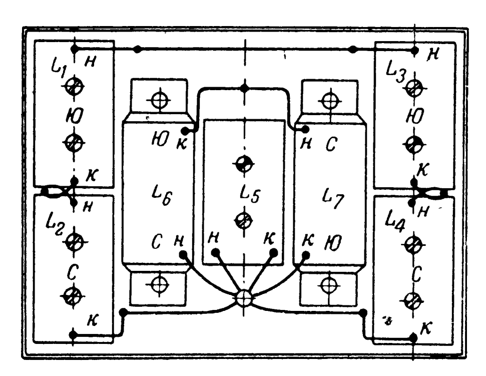
До намотки катушки L_6 или L_7 (намотка сплошная многослойная) на сердечник кладется слой изоляции (например, кабельной бумаги или лакоткани). Каждая катушка состоит из 1 050 витков провода ПЭ 0,25. Индуктивность такой катушки равна 130 *мгн*, добротность — не менее 4 (при частоте генератора 800 *гц*) и сопротивление постоянному току — около 50 *ом*.

Катушки L_1, L_2, L_3 и L_4 не имеют сердечников. Наматываются они на одинаковых каркасах (фиг. 22). Каждая ка-

тушка состоит из 500 витков провода ПЭ 0,15 и имеет сопротивление постоянному току 90 *ом*.

Катушка L_5 наматывается на таком же каркасе (фиг. 22). Она содержит 800 витков провода ПЭ 0,12. Ее индуктивность составляет 45 *мгн*, а сопротивление постоянному току равно 210 *ом*.

Катушка L_5 предназначается для некоторой компенсации выходного напряжения и для снижения общего выходного сопротивления искателя. Полное выходное сопротивление последовательно соединенных катушек L_1, L_2, L_3 и L_4 равно примерно 1 350 *ом* при частоте 800 *гц*. Полное входное сопротивление трансформатора $Тр_1$ со стороны первичной обмотки составляет всего 130 *ом*. Присоединение катушки L_5 снижает полное сопротивление искателя примерно до величины 200 *ом*. Таким образом, соотношение сопротивлений улучшается.



Фиг. 23. Расположение катушек в искательной системе дефектоскопа.

С и *Ю* — северные и южные полюса катушек; *н* и *к* — начало и конец обмотки.

Расположение катушек L_6 и L_7 и катушек L_1, L_2, L_3, L_4 и L_5, соединение их концов и расположение магнитных полюсов показаны на фиг. 23.

Катушки L_1 и L_2, а также отдельно катушки L_3 и L_4, соединяются между собой последовательно таким образом, что э. д. с. каждой пары катушек, расположенных с одной стороны индуктора, складываются. Обе пары катушек соединяются между собой последовательно, но так, чтобы их суммарные э. д. с. были направлены навстречу друг другу. Так как э. д. с. каждой из четырех катушек L_1, L_2, L_3 и L_4 примерно одинаковы, то в результате такого соединения э. д. с. на концах последовательно соединенных катушек, присоединяемых к входному трансформатору $Тр_1$, будет близка к нулю. Катушка L_5 предназначается для компенсации этой, почти равной нулю, э. д. с. В ней наводится очень малая э. д. с., почти равная по величине той э. д. с., которая остается между концами катушек L_1, L_2, L_3 и L_4. Катушка L_5 подключается к первичной обмотке *I* входного

трансформатора Tp_1 таким образом, что э. д. с. этой катушки и результирующая э. д. с. четырех соединенных последовательно катушек взаимно компенсируются.

При условии достижения полной компенсации напряжение на зажимах трансформатора Tp_1 должно быть равно нулю. В действительности же осуществить такую точную регулировку искательной системы весьма затруднительно. Поэтому практически на зажимах первичной обмотки трансформатора Tp_1 все же будет действовать некоторое напряжение. Для компенсации этого небольшого напряжения используется катушка контура L_8. Она располагается вблизи входного трансформатора Tp_1 таким образом, чтобы ее магнитный поток наводил в обмотках этого трансформатора некоторую э. д. с. Величину этой э. д. с. надо сделать равной и противоположной по знаку (сдвинутой по фазе на 180°) тому напряжению, которое получается в первичной обмотке трансформатора Tp_1 под воздействием искательных катушек после их балансировки.

Получить полную компенсацию начального напряжения на первичной обмотке трансформатора Tp_1 не удается даже и в этом случае. Причиной этому является наличие фазового сдвига между начальным напряжением в обмотках трансформатора и компенсирующей э. д. с., наводимой катушкой L_8. Однако компенсацию такую все же следует произвести. Достигается она перемещением катушки L_8 относительно входного трансформатора до получения наименьшего переменного напряжения на управляющей сетке лампы $Л_3$.

Усилитель дефектоскопа состоит из двух каскадов, собранных по трансформаторной схеме; в первом из них применяется лампа $Л_2$ типа СО-241, а во втором — лампа $Л_3$ типа СО-258.

При обнаружении дефекта в рельсе напряжение, подаваемое с катушек искателя на первичную обмотку трансформатора Tp_1, возрастает. Трансформатор Tp_1 благодаря большому коэффициенту трансформации (порядка 150 ÷ 200) это напряжение повышает и затем оно поступает на управляющую сетку лампы $Л_2$. В анодную цепь этой лампы включена первичная обмотка *I* трансформатора Tp_2. В целях снижения сеточных токов лампы $Л_2$ на ее управляющую сетку подается отрицательное напряжение смещения, выделяющееся на сопротивлении R_4 за счет тока накала. Усиление первого каскада регулируется путем изменения напряжения на экранной сетке лампы $Л_2$ с помощью потенциометра R_2.

Лампа $Л_3$ второго (выходного) каскада работает в специальном усилительном режиме, подобном режиму анодного детектора. Для обеспечения такого режима работы на управляющую сетку лампы $Л_3$ подается значительное отрицательное напряжение смещения (порядка 25 *в*), выделяющееся на сопротивлении R_3 под действием протекающего через него анодного тока всех трех ламп ($Л_1$, $Л_2$ и $Л_3$). Подгонкой усиления устанавливается такой режим работы выходного каскада, чтобы при нормальном положении (при отсутствии дефекта в рельсе) в лампе $Л_3$ отсутствовал анодный ток. При небольшом же увеличении переменного напряжения на сетке (вызванном, например, влиянием имеющегося дефекта в рельсе) в лампе $Л_3$ должен появляться анодный ток в виде импульсов. Переменная составляющая анодного тока воздействует на телефонную трубку *Т* и последняя начинает звучать, а под действием постоянной составляющей отклоняется стрелка прибора — индикатора *Г*.

Наличие двух индикаторов — акустического (телефонная трубка) и оптического (гальванометр), делает прибор более удобным в эксплуатации. Телефонную трубку в приборе необходимо применять низкоомную, с сопротивлением порядка 100 ÷ 140 *ом*. В качестве же оптического индикатора используется гальванометр чувствительностью около 1 *ма*. Внутреннее сопротивление гальванометра может быть сравнительно большим (порядка 100 *ом*), необходимо только, чтобы он давал полное отклонение стрелки при напряжении на его зажимах не более 3 *в* (так как гальванометр используется и в качестве вольтметра для измерения напряжения источников питания).

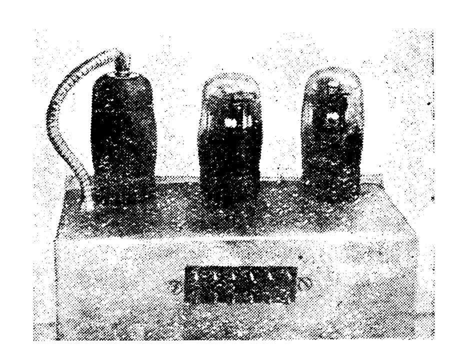
Гальванометр *Г* переключается на различные виды измерений переключателем *П*. При установке переключателя *П* в положение *1* (см. фиг. 20) выключается дефектоскоп, так как от него отключаются источники питания. В положении *2* индикатор *Г* включается в анодную цепь лампы $Л_3$ и показывает наличие в ней тока, возникающего при обнаружении дефекта в рельсе. В положении *3* гальванометр *Г* подключается к источнику анодного питания через дополнительное сопротивление R_6, которое подбирается с таким расчетом чтобы можно было измерять напряжения до 80 *в*. В положении *4* гальванометр *Г* подключается к источнику напряжения накала через дополнительное сопротивление R_5, которое так же подбирается с учетом измеряемого напряжения.

Трансформатор $Тр_1$ имеет следующие данные: первичная обмотка *I* содержит 100 витков провода ПЭ 0,2, ее сопротивление постоянному току равно 1,8 *ом*; вторичная обмотка *II* состоит из 20 000 витков провода ПЭ 0,07 и имеет сопротивление постоянному току 7 500 *ом*. Сердечник трансформатора собирается из 34 Ш-образных пластин трансформаторной стали. Обмотки этого трансформатора не секционируются, и поэтому он обладает сравнительно большой междувитковой емкостью, вызывающей резонанс на частоте около 800 *гц*.

Трансформатор $Тр_2$ собирается на таком же сердечнике, как и трансформатор $Тр_1$. Первичная *I* и вторичная *II* обмотки трансформатора $Тр_2$ содержат по 900 витков провода ПЭ 0,07 и имеют сопротивление постоянному току соответственно 3 000 и 3 900 *ом* (вторичная обмотка намотана сверху первичной).

Конструктивное выполнение дефектоскопа

Дефектоскоп собран в прямоугольном футляре. К нижней части футляра прикреплена искательная система с двумя роликовыми каретками, удерживающими дефектоскоп в нужном положении над проверяемым рельсом и обеспечивающими возможность передвижения его по испытываемому рельсу. Ролики прижимаются к верхней грани рельса под действием тяжести самого прибора, а к боковым граням — под действием специальных пружин.

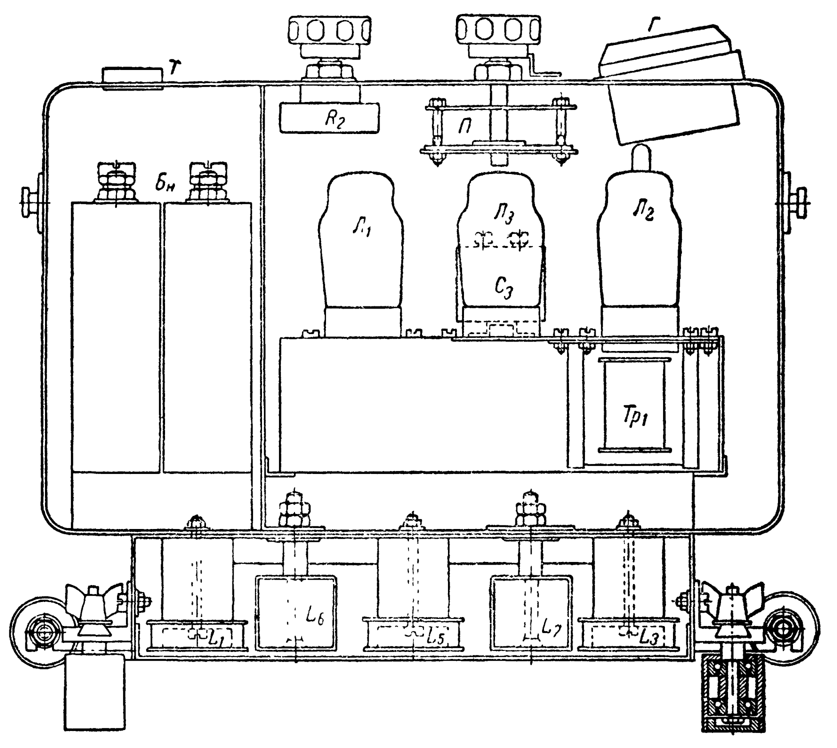


Фиг. 24. Общий вид шасси генератора и усилителя.

Собранные на отдельном шасси генератор и усилитель (фиг. 24) соединяются с искательной системой, индикаторами и источниками питания с помощью десятиштырьковой разъемной колодки. Такой способ включения позволяет производить быструю замену неисправного блока и облегчает доступ к любой детали прибора.

При монтаже дефектоскопа желательно сохранять такое расположение деталей, какое применено в описываемом

образце. Целесообразность выбранного порядка расположения деталей подтверждается тем, что при увеличении усиления с помощью потенциометра R_2 наблюдается возрастание напряжения не только на выходе первого каскада усилителя, т. е. на вторичной обмотке трансформатора $Тр_2$, но и на входе усилителя, т. е. на управляющей сетке лампы $Л_2$.



Фиг. 25. Расположение деталей в дефектоскопе при монтаже.

Это свидетельствует о наличии в усилителе положительной обратной связи, возникающей главным образом за счет внутриламповых емкостей и частично за счет емкости монтажа.

Изменение конструкции, а также другое расположение деталей могут вызвать самовозбуждение усилителя.

Расположение деталей в описываемом опытном образце дефектоскопа показано на фиг. 25. При сборке целесообразно внести в него следующие изменения: а) коробку иска-

тельной системы прикрепить к корпусу прибора без зазора; б) вместо небольших деревянных подкладок, на которых прикреплены отдельно катушки искательной системы, целесообразно применить общее основание для всех катушек. Эти мероприятия позволят уменьшить габариты прибора и, что особенно важно, понизить его центр тяжести, а следовательно, повысить устойчивость дефектоскопа на рельсе. Более жесткое крепление катушек имеет также важное значение, так как малейшее смещение хотя бы одной катушки обычно приводит к разрегулировке прибора и к резкому понижению его чувствительности.

Питание прибора и режимы работы ламп

Источником напряжения накала в дефектоскопе служит батарея $Б_н$, состоящая из двух аккумуляторных элементов НКН-10. Нормальное напряжение накала 2,2 *в*. Для питания анодных цепей используется сухая батарея $Б_а$ типа БАС-60 напряжением 60 *в*; однако дефектоскоп может работать при напряжениях от 55 до 80 *в*. При нормальных напряжениях источников питания дефектоскоп потребляет ток накала 760 *ма*, общий анодный ток 10 *ма*.

Регулировка генератора и усилительных каскадов заключается в подборе режимов работы ламп $Л_1$, $Л_2$ и $Л_3$, а также в балансировке искательной системы.

Напряжение смещения на управляющей сетке лампы $Л_1$ должно быть минус 2,5 *в* (создается за счет действия утечки сетки R_1 и C_2), а переменное напряжение — не менее 4 *в*. Постоянная составляющая анодного напряжения составляет 35 ± 4 *в* и переменная составляющая — не менее 5 *в*. Переменное напряжение на катушке L_8 должно быть не менее 6 *в*. Частота генерируемого тока равна 800 ± 50 *гц*.

При отсутствии дефекта в рельсе и полной компенсации начального напряжения магнитным полем катушки L_8 переменное напряжение на обмотке *I* трансформатора Tp_1 должно быть 0,45 *мв* и на обмотке *II*, а следовательно, и на управляющей сетке лампы $Л_2$ — около 0,07 *в* *. Напряжение смещения на управляющей сетке лампы $Л_2$ равно минус 0,2 *в*, напряжение на экранной ее сетке — около 26 *в* и напряжение постоянной составляющей на ее аноде — порядка 35 ± 4 *в*.

---

* Измерение напряжения на обмотках трансформатора во избежание больших погрешностей надо производить вольтметром, имеющим полное сопротивление не менее 10 *мгом* при частоте 800 *гц*.

Напряжение на управляющей сетке лампы $Л_3$ составляет минус 25 *в* (при таком отрицательном напряжении анодный ток отсутствует). Переменное напряжение, подаваемое с обмотки *II* трансформатора $Тр_2$, должно быть (при отсутствии дефекта в рельсе) 15 ± 1 *в*, а напряжение постоянной составляющей на аноде лампы $Л_3$—порядка 35 ± 4 *в*.

Балансировка искательной системы

Эффективность действия прибора в основном зависит от того, насколько значительно изменится напряжение на выходе четырех искательных катушек: L_1, L_2, L_3 и L_4 под влиянием обнаруженного дефекта в рельсе. Для повышения эффективности действия искательной системы следует, во-первых, добиваться уменьшения суммарной э. д. с. на выходе искательной системы, или, что то же самое, уменьшения начального напряжения, подаваемого на входную (первичную) обмотку трансформатора $Тр_1$, и, во-вторых, стремиться к возможному увеличению прироста э. д. с. на выходе искательной системы при изменении конфигурации магнитного поля, вызываемого дефектом в рельсе.

Первое достигается только путем тщательной балансировки искательной системы, второе же — повышением добротности искательных катушек и катушек, входящих в колебательный контур генератора, а также установлением правильного режима работы генератора и правильным выбором соотношения количества витков в катушках генератора и искательной системы.

Прежде чем приступить к балансировке искательной системы, необходимо проверить правильность соединения концов катушек. Для этого через обмотки соединенных между собой (и отключенных от схемы) искательных катушек L_1, L_2, L_3 и L_4 пропускается постоянный ток от батареи напряжением $2 \div 4$ *в*. При правильном включении концов катушек магнитные полюса их должны быть расположены так, как это показано на фиг. 23.

Балансировку катушек следует производить над рельсом типа *Iа*, не имеющим никаких дефектов. Длина куска рельса во избежание искажения магнитного поля на его концах должна быть не менее 0,8 *м*. Дефектоскоп надо установить на рельсе таким образом, чтобы искательные катушки располагались симметрично относительно него. В этом положении следует закрепить гайки на осях роликов каретки. Для удобства балансировки надо иметь три вывода от внеш-

них катушек (два вывода от концов и один от середины последовательно соединенной цепи четырех искательных катушек) и два вывода от концов катушки L_5. Все выводы от искательных катушек должны быть отключены от схемы.

Включив генератор и убедившись, что он работает нормально, надо произвести компенсацию напряжений во внешних катушках путем перемещения и поворотов катушек L_6 и L_7. Катушки следует установить и закрепить в таком положении, при котором получается наименьшее возможное напряжение на выходе последовательно соединенных четырех катушек L_1, L_2, L_3 и L_4. Это напряжение должно быть не более 0,12 *в*. Напряжение между средним выводом и одним из концов внешних катушек должно быть при этом не менее 0,6 *в*.

Затем следует произвести соединение концов крайних катушек и средней катушки L_5 так, чтобы напряжение между точками соединения составляло не более 0,006 *в*.

Отрегулированную таким образом систему катушек можно подключить к схеме. Напряжение между точками подключения хорошо отрегулированной системы катушек составляет не более 0,45 *мв*.

После подключения искательных катушек к схеме необходимо попытаться получить дальнейшее снижение начального напряжения на первичной обмотке трансформатора $Тр_1$, найдя наивыгоднейшее положение катушки L_8. При регулировке положения этой катушки лучше всего следить за степенью компенсации по напряжению на вторичной обмотке трансформатора $Тр_2$.

Таблица 1

Виды искусственных дефектов	Отклонение стрелки индикатора дефектоскопа
Поперечный распил головки на глубину не более 2 *мм*	На всю шкалу
Продольный распил посередине шейки длиной 75 *мм*	На 2÷3 деления шкалы
Поперечный распил подошвы и шейки на $^2/_3$ ее высоты	На 4 деления шкалы
То же на $^1/_2$ высоты шейки	На 3 деления шкалы
Продольный распил шейки (под головкой) длиной 50 *мм*	На 2—2,5 деления шкалы
Стыковой зазор и край стыковой накладки	На всю шкалу

Примечание. Шкала гальванометра *Г* разделена на пять равномерных делений.

Чтобы убедиться в надежности работы дефектоскопа, надо произвести еще окончательную его проверку путем обнаружения искусственных (известных) дефектов. При этом дефектоскоп устанавливается на рельс типа *IIIа* с искусственными дефектами. Расстояние между дефектами должно быть не менее 0,7 *м*. Показания дефектоскопа должны соответствовать данным табл. 1.

Подготовка дефектоскопа к работе и нахождение дефектов

Перед началом работы с дефектоскопом необходимо проверить исправность его действия. Для этого следует установить его на рельс таким образом, чтобы искательная система располагалась симметрично относительно продольной оси рельса. Проверив подключение источников питания накала и анода, следует поворотом переключателя *П* убедиться в том, что напряжение их лежит в пределах нормы.

При включении питания начинает работать генератор. Если при этом переменное сопротивление R_2, выполняющее роль регулятора усиления, выведено, то при исправном состоянии прибора в телефонной трубке появится звук. Регулятор усиления надо поставить в такое граничное положение, при котором звук пропадает или резко затихает. Если после этого со стороны дна коробки поднести к искательной системе какой-либо стальной предмет, то в телефонной трубке должен появиться сильный звук. Это будет характеризовать исправное состояние дефектоскопа.

Медленно передвигая дефектоскоп по рельсу, следует наблюдать за стрелкой гальванометра *Г*. Проход дефектоскопа через дефектное место характеризуется кратким звуковым сигналом в телефонной трубке и броском стрелки индикатора *Г*.

Услышав такой сигнал, надо медленно перемещать дефектоскоп назад. Отклонение стрелки гальванометра *Г* на максимальный угол будет свидетельствовать о том, что место дефекта находится под искательной системой. Отмеченный участок рельса на протяжении, равном длине коробки искательной системы, следует тщательно осмотреть по всему профилю и дать заключение о степени его дефектности.

После окончания работы следует выключить дефектоскоп, т. е. поставить ручку его переключателя *П* в положе-

ние *1* («выключено»), осмотреть и очистить ролики каретки искательной системы от грязи и мазута.

Наиболее часто встречающейся неисправностью дефектоскопа является понижение его чувствительности. В этом случае следует прежде всего произвести замену генераторной лампы $Л_1$, а затем и усилительных ламп и проверить действие регулятора усиления R_2. Если это не даст нужных результатов, надо проверить режимы работы ламп, а также напряжения на катушках и трансформаторах.

ФЛУОРОМЕТР

(экспонат В. С. Варкова и Г. Н. Миленина, г. Москва)

Флуорометр предназначен для фотометрического определения (количественного анализа) характерно светящихся веществ в растворах. Свечение тел под влиянием поглощения ими других радиаций называется люминесценцией. Люминесценцию принято делить на флуоресценцию и фосфоресценцию.

Многие вещества становятся светящимися под действием ультрафиолетовых лучей. Например, эскулин светится голубым светом, керосин и флуоресцин — зеленым светом, а спиртовый раствор хлорофилла — красным светом. Это явление называется флуоресценцией. Здесь энергия одних лучей превращается в энергию лучей другого цвета, более длинной волны видимого света.

Если свечение, вызванное освещением, продолжается и по прекращению последнего, то оно называется фосфоресценцией.

Различие между флуоресценцией и фосфоресценцией еще недостаточно изучено, однако предполагается, что оно является лишь количественным, а не качественным.

Много работ в области люминесценции проведено нашим русским ученым С. И. Вавиловым. Люминесцентный анализ дал плодотворные результаты в изучении различных масел, редких земель, живой ткани, молока, а также реакции различных органов при авитаминозе и гипотавинозе. В последнее время содержание витаминов в растворах определяется почти исключительно по их флуоресценции.

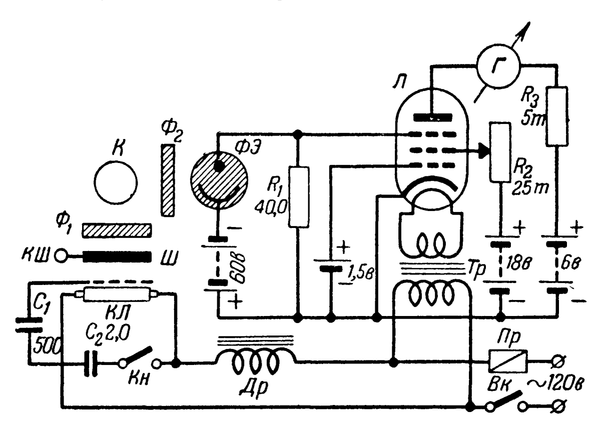
Так же как по цвету и прозрачности жидкости с помощью приборов, называемых колориметрами, фотоколориметрами и электрофотоколориметрами, можно определять концентрацию веществ в растворах, так и по флуоресцен-

ции растворов с помощью приборов, называемых флуороскопами и флуорометрами, можно осуществлять количественный анализ содержания вызывающих флуоресценцию веществ в растворах.

Флуорометр является более совершенным прибором по сравнению с флуороскопом. Он позволяет объективно оценивать количество вещества в флуоресцирующем растворе и представляет собой комбинацию ряда следующих составных частей: источника ультрафиолетового излучения, светофильтров, фотоэлемента и специального электрометрического усилителя с чувствительным гальванометром, включенным в анодную цепь его радиолампы. Флуорометр дает возможность определять процентное содержание флуоресцирующих веществ в растворах при весьма малой их концентрации, порядка 0,03 *мкг* на 1 *л* растворителя. Флуорометр сравнительно легко может быть изготовлен радиолюбителями дома или в радиомастерской.

Принцип действия и схема прибора

В основу известного необъективного метода определения количественного содержания вещества в растворе по интенсивности флуоресценции, осуществляемого с помощью при-



Фиг. 26. Принципиальная схема флуорометра.

бора, называемого флуороскопом, положен принцип сравнения исследуемого раствора с растворами, в которых заведомо известна концентрация (так называемыми стандартами).

Описываемый ниже прибор — флуорометр — отличается тем, что с его помощью отсчет содержания флуоресцирующего вещества в растворе ведется объективно по показаниям стрелки чувствительного гальванометра, заранее отградуированного в микрограммах на литр растворителя.

Схема описываемого флуорометра изображена на фиг. 26. Она состоит из следующих основных элементов: источника ультрафиолетовых лучей — ртутно-кварцевой лампы *КЛ*; шторки *Ш*, перекрывающей световой поток; темного, иногда сменяемого, светофильтра $Ф_1$; кюветы *К*, изготовленной из какого-либо достаточно прозрачного для ультрафиолетовых лучей сорта стекла; сменного светофильтра $Ф_2$; фотоэлемента ***ФЭ*** и специального электрометрического усилителя постоянного тока на лампе *Л* с чувствительным гальванометром *Г* в ее анодной цепи.

Источник ультрафиолетовых лучей

В приборе в качестве источника ультрафиолетового излучения *КЛ* применена горелка типа ПРК-4, представляющая собой лампу с дуговым разрядом в среде ртутных паров. Ртутно-кварцевая горелка типа ПРК-4 дает спектр коротких ультрафиолетовых лучей, а также весь спектр видимых лучей до инфракрасных. Она сделана из кварцевого стекла, хорошо пропускающего невидимые ультрафиолетовые лучи, используемые в приборе для флуоресценции веществ.

Схема включения горелки типа ПРК-4 обычная (см. фиг. 26), рекомендуемая изготовляющим эти горелки заводом.

Для изготовления этой части прибора может быть использована аппаратура (приборы включения) так называемой ртутно-кварцевой лампы ультрафиолетового излучения, например, типа ЛКП-2. Такие лампы продаются в магазинах медицинского и лабораторного оборудования и предназначаются для использования в физиотерапевтических кабинетах медицинских учреждений, а также в различных научно-исследовательских лабораториях.

Горелка типа ПРК-4 включается в электросеть с напряжением 127 *в* (50 *гц*) через дроссель *Др* с сердечником из пластин трансформаторной стали типа Ш-25. Толщина набора сердечника 60 *мм*, число витков в обмотке 400, провод ПЭ 1,0. Этот дроссель выполняет роль буферного индуктивного сопротивления, гасящего на себе излишек напряже-

ния электросети. В момент зажигания горелки он выполняет также и другую роль: нажатием кнопки *Кн* он включается последовательно к конденсатору C_2 и способствует созданию на горелке несколько повышенного (вследствие возникновения резонанса цепи на частоте 50 *гц*) напряжения, чем облегчается зажигание ее.

Нанесенный на горелке токопроводящий слой, так называемая конденсаторная полоса, через конденсатор C_1 емкостью 300—500 *пф* соединяется с выводом горелки, подключенным к дросселю *Др*.

Для облегчения зажигания, которое не всегда наступает при включении напряжения электросети, горелка зашунтирована через кнопку *Кн* конденсатором C_2 емкостью 2—3 *мкф*, рассчитанным на рабочее напряжение порядка 400 *в*. При включенном напряжении и трех-четырехкратном нажатии на кнопку *Кн* обычно происходит зажигание дуги в горелке. Мощность горелки типа ПРК-4 равна 220 ± 8 *вт*. Нормальное рабочее положение горелки — горизонтальное (допускаются отклонения от горизонтали не более чем на 15°). При установке в другие положения горелка быстро выходит из строя.

Вследствие низкого начального давления пара ртути в горелке в первые минуты установления режима ее работы в излучении преобладает видимая часть спектра. По мере разгорания горелки и повышения внутреннего давления паров ртути в спектре излучения появляются лучи с более короткой длиной волны, причем интенсивность излучения этих ультрафиолетовых лучей сильно возрастает.

Нормальный режим работы горелки устанавливается через $10 \div 15$ мин. после ее включения. В течение этого периода времени ток, протекающий через горелку, и падение напряжения на ней изменяются. При достижении стационарного режима горения ток через горелку устанавливается неизменным, порядка $3{,}75 \pm 0{,}3$ *а*, а падение напряжения — в интервале $67 \div 75$ *в*.

Для получения неизменных результатов все анализы следует производить только после $10 \div 15$ мин. прогрева горелки, когда спектр излучаемых ею лучей становится устойчивым и насыщенным в его ультрафиолетовой части. Повторное включение уже горевшей некоторое время и не остывшей горелки возможно только через $10 \div 12$ мин., т. е. после ее достаточного охлаждения.

При работе с ртутно-кварцевой горелкой надо иметь в виду, что она является мощным источником ультрафио-

летовых лучей, вредно действующих на глаза и при длительном непосредственном облучении вызывающих ожоги кожи. Для предохранения глаз от действия ультрафиолетовых лучей необходимо надевать очки с синими или дымчатыми стеклами, а для предупреждения ожогов кожи — избегать облучения прямыми лучами и не допускать длительных облучений кожи вообще.

При эксплуатации надо следить, чтобы горелка не покрывалась пылью и периодически протирать ее ватой, слегка смоченной в спирте. В ящике прибора, где устанавливается горелка, необходимо предусмотреть вентиляционные отверстия для охлаждения ее.

Светофильтры, кювета, шторка и фотоэлемент

Ртутно-кварцевая лампа излучает следующие наиболее часто используемые при работе с флуорометром полосы спектра: ультрафиолетовые лучи от 255 до 366 *ммкн*; фиолетовые лучи от 405 до 411 *ммкн*; синие лучи от 434 до 436 *ммкн*; желто-зеленые лучи от 546 до 569 *ммкн*; желтые лучи от 577 до 579 *ммкн*; красные лучи от 580 до 600 *ммкн*; темнокрасные лучи от 610 до 700 *ммкн*.

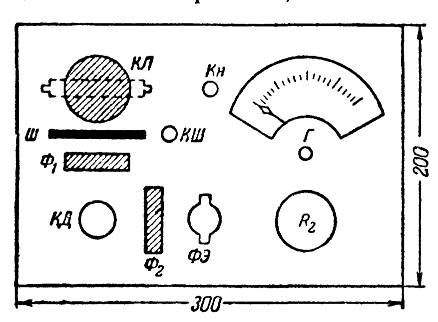
Светофильтр $Ф_1$ обычно применяется темный, например, из увиолевого стекла. Такие светофильтры хорошо пропускают ультрафиолетовые лучи и незначительно — красные. Назначение светофильтра $Ф_1$ заключается в том, что он должен пропустить от ртутно-кварцевой горелки *КЛ* на кювету *К* с испытуемым раствором только те лучи, которые вызывают флуоресценцию этого раствора, и задерживать все остальные лучи, не вызывающие флуоресценции. Светофильтр $Ф_1$ меняется редко. Однако в некоторых случаях его бывает необходимо усилить или ослабить, т. е. соответственно сузить или расширить полосу пропускаемого участка спектра.

Светофильтр $Ф_2$ предназначен для поглощения рассеянных ультрафиолетовых лучей и лучей всех остальных цветов за исключением цвета характерного свечения, образуемого флуоресценцией исследуемого раствора. Этот светофильтр подбирается для каждого исследуемого вещества отдельно.

Оба светофильтра делаются сменными. Укрепляются они в специальных рамках-держателях, задвигаемых в пазы, расположенные на верхней панели прибора. Фильтры $Ф_1$ и $Ф_2$ устанавливаются по отношению друг к другу под прямым углом (см. фиг. 26 и 27). Внутри образуемого ими прямого

угла помещается кювета K с исследуемым флуоресцирующим раствором. Такое расположение фильтров улучшает работу прибора, так как в этом случае на фотоэлемент *ФЭ* не попадают прямые лучи ртутно-кварцевой лампы, которые могли бы вызвать снижение чувствительности прибора.

С другой стороны светофильтра $Ф_1$ располагается специальная шторка *Ш*, а за нею — ртутно-кварцевая горелка *КЛ* типа ПРК-4. Шторка предназначается для прекращения подачи излучаемых горелкой лучей на светофильтр $Ф_1$, а следовательно, и на исследуемый раствор, до и после измерения концентрации растворенного в нем вещества. Целесообразность устройства шторки в приборе определяется тем, что она выполняет роль выключателя источника света, так как осуществление электрического выключения ртутно-кварцевой горелки нецелесообразно (выключенная горелка перед повторным включением предварительно должна хорошо остыть).



Фиг. 27. Расположение деталей на верхней панели ящика флуорометра.

По другую сторону светофильтра $Ф_2$ располагается фотоэлемент *ФЭ* типа ЦГ-3, включенный в управляющую цепь измерительного усилителя.

Усилитель фототоков и гальванометр

Усилитель фототоков вместе с фотоэлементом и гальванометром представляют собой фотометр, предназначенный для измерения интенсивности радиации исследуемых флуоресцирующих растворов.

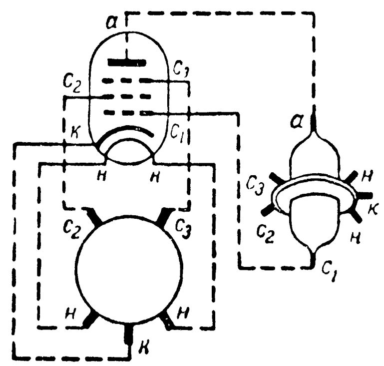
Усилитель фототоков служит основной частью фотометра. Он представляет собой измерительный усилитель постоянного тока. Для таких усилителей обычно применяются специальные, так называемые электрометрические лампы, отличающиеся тем, что в них приняты особые меры к уменьшению сеточных токов и к повышению стабильности характеристик[1]. В измерительном усилителе описываемого

---

[1] Об электрометрических лампах и различных схемах измерительных усилителей см. книгу: И. Шинтельмейстер, Электронная лампа как прибор для физических измерений, Гостехтеоретиздат, 1949.

прибора вместо специальной лампы применена лампа *Л* типа 6Ж1Ж, работающая в несколько своеобразном режиме. Расположение выводов электродов этой лампы показано на фиг. 28.

Особенность режима работы лампы 6Ж1Ж в данной схеме (см. фиг. 26) заключается в том, что ее первая (управляющая) сетка используется для уменьшения пространственного заряда, вторая — как обычно, выполняет функции экранной сетки, а третья (защитная сетка) используется в качестве управляющего электрода.



Фиг. 28. Расположение выводов от электродов в лампе типа 6Ж1Ж.

Переменное сопротивление R_2 служит для коррекции «нуля» гальванометра *Г*, а сопротивления R_1 и R_3 являются нагрузками сеточной и анодной цепей усилителя.

Недостатком этого усилителя является то, что он требует применения четырех отдельных батарей. Но усилитель потребляет небольшие токи, поэтому для питания его можно применять сухие гальванические батареи малой емкости.

Чтобы предохранить батареи от тепла, выделяемого горелкой, следует располагать их вне флуорометра.

Нить накала лампы *Л* питается переменным током через понижающий трансформатор *Тр*. Для этой цели может быть применен любой трансформатор накала, понижающий напряжение сети до 6 ÷ 6,3 *в*.

Чем сильнее будет освещен фотоэлемент *ФЭ*, тем большее отрицательное напряжение будет поступать с сопротивления R_1 на третью (в данном случае управляющую) сетку лампы *Л* измерительного усилителя. Следовательно, с увеличением освещенности фотоэлемента анодный ток лампы *Л* уменьшается, а при полном затемнении фотоэлемента ток достигает максимального значения, соответствующего «нулю» отсчета по шкале гальванометра *Г*. Как видно из сказанного, применять в этой схеме обычный гальванометр, имеющий шкалу с нулем у левого края, нецелесообразно. В крайнем случае гальванометр требует изготовления новой шкалы с обратным порядком градуировки, т. е. с «нулем»

отсчета у правого предела и максимумом отсчета у левого ее предела. Выходом из этого положения может быть применение усложняющей прибор компенсационной схемы включения гальванометра.

Авторы пошли по другому пути, а именно, переделали примененный в приборе гальванометр так, чтобы при отсутствии тока его стрелка находилась в крайнем правом положении шкалы. Такой гальванометр, если включить его в анодную цепь измерительного усилителя с соблюдением перемены его полярности, при затемненном фотоэлементе (т. е. когда кювета заполнена чистым не флуоресцирующим растворителем, имеющим концентрацию, равную нулю) покажет отклонение стрелки влево до начала шкалы, соответствующего «нулю» отсчета и в то же время максимальному значению анодного тока. При измерениях концентрации растворов, содержащих флуоресцирующие вещества, анодный ток измерительного усилителя будет уменьшаться и стрелка гальванометра *Г* будет отклоняться вправо. Шкала гальванометра в этом случае примет обычный удобный для отсчета вид, т. е. будет иметь возрастающий отсчет делений, характеризующих концентрацию растворов, слева направо.

Такую переделку гальванометра можно рекомендовать только опытным радиолюбителям, знакомым с ремонтом, регулировкой и балансировкой стрелочных измерительных приборов. Необходимо отметить, что наиболее легко поддаются переделке такие гальванометры, у которых «нуль» расположен в середине шкалы.

Примененный авторами гальванометр рассчитан на максимальный ток 240 *мка* при внутреннем сопротивлении 180 *ом*. Переделка его заключалась главным образом в изменении балансировки подвижной части путем регулировки грузиков хвостового оперения стрелки.

Конструкция прибора

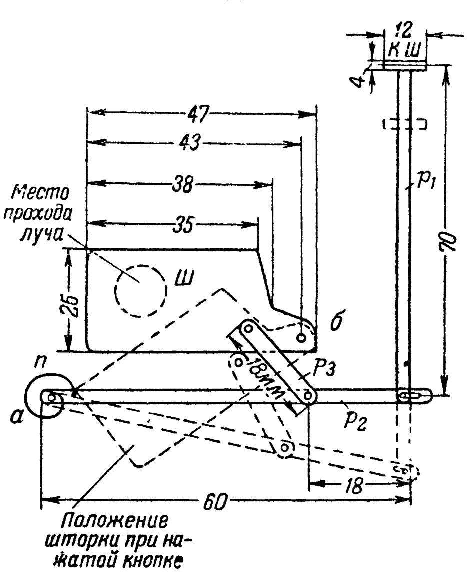
Прибор монтируется в футляре размерами 200 × 200 × 300 *мм*. Размещение деталей в футляре должно быть таким, чтобы обеспечивалось достаточно хорошее охлаждение нагревающихся частей прибора, особенно таких, как ртутно-кварцевая горелка и дроссель *Др*.

Ртутно-кварцевую горелку полезно поместить в специально отделенную для нее теплоизоляционной перегородкой часть прибора, снабженную вентиляционными отвер-

стиями. При таком расположении горелки прибор может работать без перерыва для охлаждения в течение 30—40 мин. По истечении этого срока горелку надо выключать на 15—20 мин. для охлаждения.

Силовую часть флуорометра (дроссель *Др*, горелку и другие детали схемы включения источника света) следует хорошо экранировать во избежание наводки от нее помех на усилитель. Детали, входящие в измерительный усилитель, также должны быть хорошо экранированы от внешних помех и от помех, создаваемых силовой частью прибора.

Для избавления от помех, наводимых силовой частью в цепях измерительного усилителя, можно рекомендовать эту часть прибора за исключением горелки монтировать в отдельном футляре.



Фиг. 29. Устройство шторки.
Пунктиром показано положение деталей шторки при нажатой кнопке *КШ*.

Устройство и размеры деталей шторки *Ш* показаны на фиг. 29. При нажиме на кнопку *КШ* вследствие перемещения рычагов шторка *Ш* опускается и лучи от ртутно-кварцевой горелки *КЛ* проходят через фильтр $Ф_1$ на кювету *К*. При отжатии кнопки *КШ* с помощью пружины *п*, действующей на рычаг P_2, шторка возвращается в нормальное положение и закрывает доступ лучей к кювете. В точках *а* и *б* рычаг P_2 и шторка *Ш* закрепляются на неподвижных осях. Соединения рычагов в остальных точках осуществляются с помощью подвижных осей.

Кювета располагается в специально для нее изготовленном кюветодержателе, выточенном из эбонитового бруска. Сверху кюветодержатель имеет гнездо, в которое вставляется кювета. На уровне положения ртутно-кварцевой горелки, в кюветодержателе проделываются два располо-

женных под прямым углом окна: одно для прохода ультрафиолетовых лучей от горелки к кювете и другое для прохода лучей флуоресценции от кюветы к фотоэлементу.

Кювета изготовляется из какого-либо сорта стекла, достаточно хорошо пропускающего ультрафиолетовые лучи. Вставлять кювету в гнездо кюветодержателя надо всегда в одном и том же положении, так как неравномерная толщина стекла с какой-либо стороны кюветы может внести погрешности в измерения. Полезно на кювете сделать пометку или направляющий выступ, обеспечивающие возможность безошибочно устанавливать ее в одном и том же положении. После установки кюветы в кюветодержатель последний закрывается светонепроницаемой крышкой, защищающей кювету от пыли и от проникновения посторонних лучей света, способных вносить погрешности в измерения.

Градуировка и работа с прибором

По окончании сборки и проверки прибора необходимо установить режим работы измерительного усилителя так, чтобы стрелка гальванометра *Г* устанавливалась на «нуль» отсчета при закрытой шторке. Отрегулировав усилитель, нужно вставить в кюветодержатель кювету, наполненную каким-либо флуоресцирующим раствором. Затем надо, нажав кнопку *КШ*, проверить работу измерительного усилителя; при нажатии кнопки откроется шторка и при этом должна отклониться стрелка гальванометра. Открывая шторку, несколько раз с интервалом в 1—2 мин., надо замечать, на какое деление отклоняется стрелка гальванометра. Если каждый раз она будет отклоняться на одно и то же деление, то это будет означать, что у ртутно-кварцевой горелки установился режим горения. В противном случае надо дать горелке разогреться и дождаться стабильного режима ее горения.

После этого приступают к градуировке прибора и составлению градуировочных таблиц или графиков. Для каждого флуоресцирующего вещества производится отдельная градуировка прибора, так как каждое такое вещество имеет свой коэффициент преобразования энергии ультрафиолетовых лучей в лучи флуоресценции.

Отклонение стрелки гальванометра пропорционально (количеству) флуоресценции. Поэтому шкала гальванометра разбивается на деления, прямо пропорциональные флуоресценции стандартных эталонов. Например, если одно деле-

ние шкалы будет соответствовать концентрации раствора флуоресцина, равной 0,03 *мкг* на литр, то в том случае, если вся шкала имеет 100 делений, прибор будет позволять производить измерения концентрации флуоресцина до 3 *мкг* на литр. Для определения концентраций другого флуоресцирующего раствора прибор должен быть отградуирован по эталонам, содержащим известные количества, именно, этого другого вещества.

Когда прибор отградуирован, им можно производить измерения концентрации флуоресцирующего вещества в растворе. Для этого наполняют кювету исследуемым веществом, вставляют ее в кюветодержатель *КД*, закрывают последний крышкой и, нажав на кнопку *КШ*, открывают на короткое время шторку *Ш*, наблюдая за показаниями гальванометра *Г*. Затем по градуировочной кривой определяют искомую концентрацию вещества в растворе в микрограммах на литр.

Если при открытии шторки стрелка гальванометра отклонится до конца шкалы, то это будет означать, что концентрация исследуемого раствора очень высока. В этом случае пользуются специально разработанными методами уменьшения интенсивности флуоресценции.

Описанный прибор был изготовлен и опробован в работе. Испытания флуорометра показали, что он имеет хорошие рабочие характеристики.

ЭЛЕКТРОННЫЙ СОЛЕМЕР

(экспонат А. А. Белоцерковского, г. Сталино)

Природная вода содержит большое количество примесей, образующих очень вредную для котельных установок накипь. Использование такой воды для питания паровых котлов возможно только после тщательной ее очистки. Вред накипи заключается в том, что она обладает весьма низкой теплопроводностью и вследствие этого вызывает заметный перерасход топлива, а также перегрев металлических поверхностей котла, нередко ведущий к образованию выпучин и свищей на них.

Для предприятия с крупным паросиловым хозяйством большое значение имеет своевременный и точный контроль за содержанием солей в воде. Очень важно знать плотный остаток котловой воды, т. е. общее содержание солей в ней на единицу объема. Эта величина при прочих равных усло-

виях определяет вероятность образования накипи в котле и паропроводе.

Точное определение плотного остатка может быть произведено путем выпаривания воды и взвешивания оставшегося осадка. Такой способ занимает много времени и поэтому является не всегда удобным. В заводских экспресс-лабораториях плотный остаток определяют приблизительно, в зависимости от содержания в воде хлоридов, т. е. солей соляной кислоты. Определение хлоридов связано с применением дорогого химиката — азотнокислого серебра.

Описываемый прибор исключает применение азотнокислого серебра, повышает точность измерения и обеспечивает быстроту анализа. Показания прибора не зависят от напряжения питающей его электросети. Солемер рассчитан на напряжение сети 220 *в*, но он может работать и при пониженном (до 140 *в*) напряжении, не искажая своих показаний. Измерения можно производить при различных температурах.

Прибор может найти применение при контроле качества воды, предназначаемой для питания промышленных паросиловых агрегатов, локомотивов на транспорте и во всех других установках, где необходимо вести борьбу с накипью.

Принцип действия прибора

Известно, что о солесодержании котловой воды можно судить по величине ее удельного электрического сопротивления.

Таким образом, задача по определению количества солей в воде сводится к измерению сопротивления пробы этой воды. В описываемом приборе измерение это производится с помощью равновесного электрического моста, одним из плеч которого является датчик с испытуемой пробой. Датчик состоит из цилиндрических электродов, опускаемых в стеклянный сосуд с измеряемой пробой. Сопротивление между этими электродами является измеряемым. Мост собран по схеме с потенциометром. Шкала потенциометра имеет условные равномерные деления. Показания прибора отсчитываются по шкале потенциометра при балансе моста. После этого по градуировочной кривой или таблице определяется солесодержание исследованных проб.

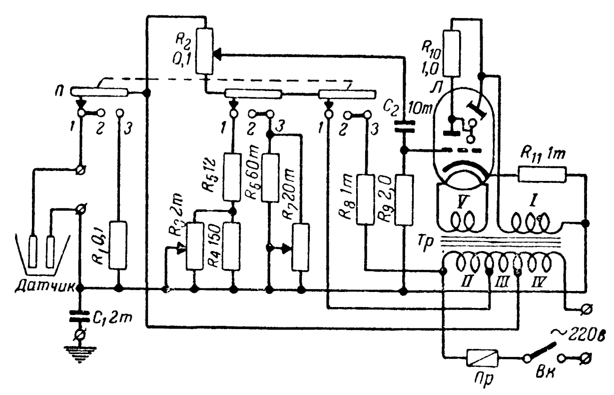
Прибор градуирован при определенной температуре (24° С). Повышение температуры пробы ведет к уменьшению ее удельного сопротивления и к искажению показаний.

Так как практически приходится производить замеры при различных температурах, то для уменьшения погрешности в прибор введен температурный компенсатор. Принцип действия его следующий.

Установлено, что для получения верных показаний при температуре t необходимо уменьшить величину эталонного сопротивления в n_t раз. При этом становится возможным применение одной и той же градуировочной кривой для различных температур, потому что, как показывают исследования, закон изменения электрического сопротивления воды при изменении ее солесодержания для всех температур одинаков. Величина n_t будет различна для различных температур, но постоянна для одной и той же температуры. В приборе уменьшение сопротивления эталона осуществляется включенным параллельно к нему переменным сопротивлением (сопротивление температурного компенсатора). Величина этого сопротивления различна для различных температур пробы. Шкала температурного компенсатора отградуирована в градусах Цельсия.

Схема прибора

Схема прибора показана на фиг. 30. Примененный в приборе уравновешенный электрический мост питается переменным током промышленной частоты (50 *гц*). Нуль-инди-



Фиг. 30. Схема электронного солемера.

катором в мосте служит лампа Л типа 6Е5С. Отличительной особенностью схемы является питание анода индикатора переменным током. Анод с флуоресцирующим экраном,

а также управляющий электрод находятся под переменным потенциалом. Колебания потенциала незаметны на флуоресцирующем экране. При отсутствии напряжения на сетке триодной части индикатора 6Е5С края теневого сектора экрана этой лампы резко очерчены. Такая схема значительно упрощает систему питания, так как отпадает необходимость в выпрямителе. Вместе с этим несколько усложняется налаживание прибора. Усложнение это состоит в следующем.

При питании анода переменным током лампа 6Е5С работает только в положительные полупериоды напряжения (положительный потенциал на аноде и управляющем электроде).

В отрицательный полупериод ток через лампу не проходит и она не реагирует на напряжение, поступающее с моста на сетку триодной части. Это напряжение переменное, так как мост так же питается переменным током, подаваемым с трансформатора *Тр* на потенциометр R_2. Поэтому для нормальной работы лампы-индикатора необходимо, чтобы напряжения на сетке ее триодной части и на аноде, а также и на управляющем электроде, при крайнем левом положении ручки потенциометра R_2, находились в противофазе. Только тогда при вращении ручки потенциометра R_2 слева направо индикатор будет правильно реагировать на напряжение, подаваемое на него с моста.

Прибор имеет два диапазона измерений. Первый из них рассчитан на измерение сопротивлений от 15 до 1 500 *ом* и используется для определения солесодержания питательной воды котлов. Второй диапазон рассчитан на измерение сопротивлений от 1 500 до 15 000 *ом* и используется для определения солесодержания конденсата. Кроме этого имеется третье контрольное положение переключателя. В этом положении вместо датчика включается сопротивление R_1. Баланс моста при контрольном положении переключателя должен достигаться всегда в одном месте шкалы при установке температурного компенсатора на одну и ту же температуру.

Применение сбалансированного моста, показания которого не зависят от питающего его напряжения, устраняет влияние колебаний напряжения сети на точность показаний прибора.

Прибор может работать без искажений показаний при сильно пониженном напряжении сети (до 64% нормального напряжения).

Трехсекционный переключатель *П* имеет три положения переключений. При установке его в положение *1* (измерение солесодержания питательной воды) в качестве эталонного включается сопротивление R_4, равное 150 *ом*, и параллельно присоединенное к нему сопротивление R_3 в 2 000 *ом*.

Переменный эталон при этом будет иметь максимальное сопротивление примерно 150 *ом*. В этом положении от трансформатора *Тр* на мост подается напряжение 10 *в*.

При перестановке переключателя *П* в положение *2* (измерение солесодержания конденсата) включается переменный эталон, состоящий из сопротивления R_6 в 60 000 *ом* и параллельно присоединенного к нему переменного сопротивления R_7 в 20 000 *ом*. Общее максимальное переменное сопротивление эталона при этом будет равно 15 000 *ом*. В этом случае от трансформатора *Тр* подается на мост напряжение 115 *в*, а также последовательно с мостом включается сопротивление R_8, рассчитанное на рассеиваемую мощность 4 *вт*. Это сопротивление автоматически ограничивает напряжение, подаваемое на мост, при уменьшении измеряемого сопротивления.

Переводом переключателя в положение *3* (контрольное) отключается датчик и вместо него включается сопротивление R_1. Эталон и величина напряжения остаются те же, что и в положении *2*.

Переменные сопротивления R_3 и R_7 являются сопротивлениями температурного компенсатора. С помощью этих сопротивлений можно изменять величины эталонов. С целью уменьшения габаритов прибора для температурного компенсатора применено комбинированное переменное сопротивление, состоящее из двух переменных сопротивлений, насаженных на одну общую ось. Таким образом, температурный компенсатор имеет одну ручку управления для обоих диапазонов измерений.

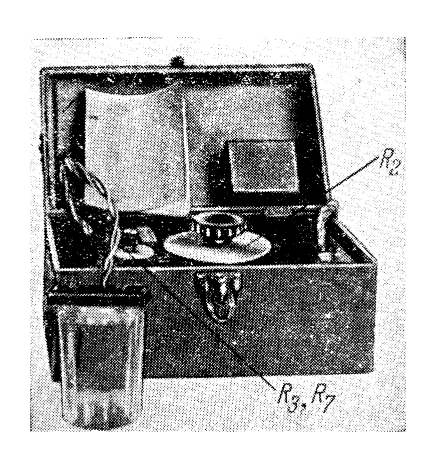
Для устранения влияния емкости рук лаборанта лицевая панель прибора заземляется. Питается мост непосредственно от сетевой обмотки *1* трансформатора *Тр*, поэтому цепи моста заземляются через конденсатор C_1.

Конструкция, детали и монтаж

Прибор смонтирован на дюралюминиевой панели размерами 150×260 *мм*, вставляющейся в портативный чемодан, наружные размеры последнего 160×270×125 *мм*. В крышке

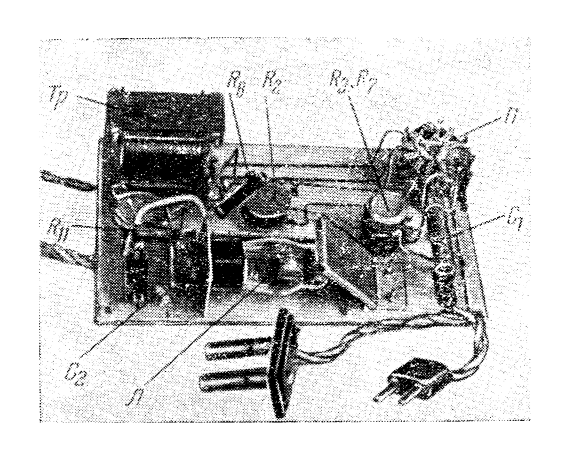
чемодана помещаются градуировочные таблицы и имеется карман для датчика. Внешний и внутренний вид прибора показан на фиг. 31 и 32.

Все детали прибора кроме датчика и трансформатора — промышленного изготовления. Переключатель применен



Фиг. 31. Внешний вид электронного солемера.

Рядом с солемером стоит стакан с опущенным в него датчиком.



Фиг. 32. Внутренний вид монтажа электронного солемера.

Рядом с панелью лежат электроды датчика.

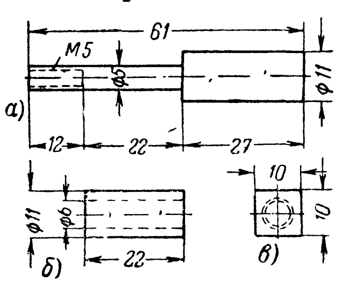
стандартный от приемника «Родина». Силовой трансформатор имеет сердечник, собранный из пластин Ш-20; толщина его набора 20 *мм*. Данные обмоток трансформатора указаны в табл. 2.

Таблица 2

Обмотка	Число витков	Марка и диаметр провода, *мм*	Напряжение, *в*
I	2 200	ПЭ 0,15	200
II	1 150	ПЭ 0,15	105
III	110	ПЭ 0,73	10
IV	1 150	ПЭ 0,2	105
V	70	ПЭ 0,45	6,3

Лампа 6Е5С смонтирована на угловой панели и расположена горизонтально. Наблюдение за ее экраном осуществляется посредством наклонно установленного зеркала. Проводник, идущий от сопротивления R_2 моста к сетке лампы-индикатора, экранирован для защиты от внешних влияний.

Датчик прибора состоит из двух цилиндрических электродов, укрепленных на изолирующей пластинке из органического стекла. Электроды вытачиваются на токарном станке из латуни с последующим хромированием. Форма и размеры электрода показаны на фиг. 33. На стержень *а* электрода, имеющий на конце нарезку, надевается выточенная из органического стекла втулка *б*. С помощью гаек *в* электроды укрепляются на изолирующей пластинке, расстояние между их центрами должно быть равно 37 *мм*. Датчик соединяется с прибором гибким шнуром с вилкой. Во время измерения датчик должен быть погружен в воду до уровня рабочих поверхностей электродов, не защищенных втулками *б*.



Фиг. 33. Детали датчика электронного солемера.

а — латунный стержень (электрод датчика); *б* — втулка из органического стекла; *в* — латунная гайка М-5.

Налаживание и градуировка прибора

Налаживание прибора заключается только в подборе полярности напряжения, питающего мост. Осуществляется это так. При сборке прибора временно присоединяют проводники, идущие к крайним выводам потенциометра R_2. После этого включают прибор и наблюдают за индикатором. Если при плавном вращении ручки потенциометра R_2 слева направо не будет происходить постепенное увеличение теневого сектора индикатора, то необходимо концы проводов, временно подключенных к потенциометру R_2, поменять местами и припаять. На этом и заканчивается налаживание.

Затем ручку компенсатора температуры (на первом диапазоне R_3, а на втором R_7) надо установить в положение, соответствующее его максимальному сопротивлению, и после этого опускать датчик в различные пробы с известным солесодержанием и одинаковой температурой, равной 24° С, и записывать положения ручки потенциометра при балансе. По полученным записям результатов окажется возможным построить градуировочную кривую.

Автором выбрана начальная температура градуировки 24° С только потому, что в лаборатории, для которой предназначался этот прибор, приходится наиболее часто испытывать пробы именно при такой и при более высокой температуре. Диапазон (шкала) измерений у температурного компенсатора при этом получился от 24 до 60° С.

В случае, если перед конструктором будет поставлена другая задача, т. е. измерение проб в другом диапазоне температур, градуировку прибора следует производить, начиная с той (обычно средней) температуры, при которой наиболее часто будут производиться измерения. Если эта температура будет действительно средней, то при градуировке прибора ручку температурного компенсатора следует поставить в среднее положение.

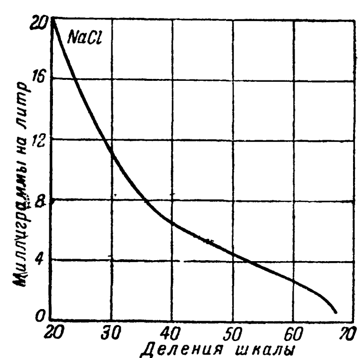
Для градуировки первого диапазона измерений используются различные пробы котловой воды с известным общим плотным остатком (солесодержанием).

Для градуировки второго диапазона прибора пробы приготовляются искусственно. Для этой цели в одном литре дистиллированной воды растворяют известное количество поваренной соли ($NaCl$) и находят на шкале точки положения ползунка потенциометра R_2, при которых получается баланс моста.

Таким образом, второй диапазон градуируется на содержание в воде поваренной соли. При определении солесодержания конденсата необходимо ввести поправочный множитель, величина которого колеблется в пределах от 1,2 до 1,5, в зависимости от содержания в воде не образующих ионы, так называемых недиссоциирующих примесей (газы, органические соединения и др.).

Следует отметить, что градуировка должна быть произведена заново на каждом предприятии, где применяется прибор, так как содержание в воде недиссоциирующих примесей различно для разных источников воды.

Примерная градуировочная кривая для конденсата показана на фиг. 34. Вместо градуировочных кривых можно пользоваться при измерениях таблицами.



Фиг. 34. Примерная градуировочная кривая второго диапазона прибора (для определения солесодержания конденсата).

Градуировка температурного компенсатора производится таким образом. Сначала наполняют сосуд датчика какой-либо пробой при температуре 24° С, устанавливают ручку температурного компенсатора в положение максимального сопротивления и определяют положение ручки потенциометра R_2, при котором получается баланс.

Затем, не трогая больше ручки R_2, подогревают последовательно эту пробу до различных температур; при каждой температуре вращением ручки компенсатора добиваются правильных показаний. Положение ручки компенсатора при каждой температуре отмечается соответствующей цифрой на шкале. Компенсатор градуируется отдельно для каждого диапазона и поэтому имеет две шкалы.

Работа с прибором

Измерение солесодержания проб необходимо производить в следующем порядке.

1. Опустить датчик в сосуд с испытуемой водой до полного погружения в нее действующей поверхности электродов.

2. С помощью термометра надо измерить температуру пробы и затем установить ползун температурного компенсатора на соответствующее деление шкалы.

3. Включить прибор в сеть, замкнуть выключатель *Вк* и вращением ручки потенциометра R_2 добиться баланса моста. В момент баланса теневой сектор индикатора получается наибольший с четко очерченными краями.

4. Соответственно положению ручки потенциометра R_2 по градуировочной таблице определяется солесодержание пробы.

Для получения более точных данных измерение следует повторить 2—3 раза.

ТЕРМОРЕГУЛЯТОР

(экспонат В. А. Грачева, г. Омск)

Большую роль в самых различных отраслях техники играют тепловые процессы и их регулирование. Например, современное состояние техники термообработки металлов предъявляет весьма высокие требования к контролю и регулированию температур не только при проведении научно-исследовательских работ, но и в производстве и, в особенности, при плавке сплавов на магниевой и алюминиевой основах.

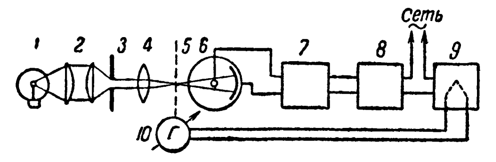
Существующие в настоящее время приборы для регулирования температур часто не полностью удовлетворяют техническим условиям, которые диктует тот или иной технологический процесс. Конструктивно простые приборы не обеспечивают достаточной точности поддержания температуры. Интервал изменения температуры у таких приборов составляет $\pm 5°$ С от желательного номинального ее значения. Приборы же, обеспечивающие высокую точность регулирования температуры, порядка $\pm 0,5°$ С, сложны по конструкции, не всегда доступны для самостоятельного изготовления и капризны в работе.

Описываемый ниже терморегулятор несложен по устройству и обеспечивает достаточно высокую точность регулирования температуры — порядка $\pm 2°$ С.

Принцип работы

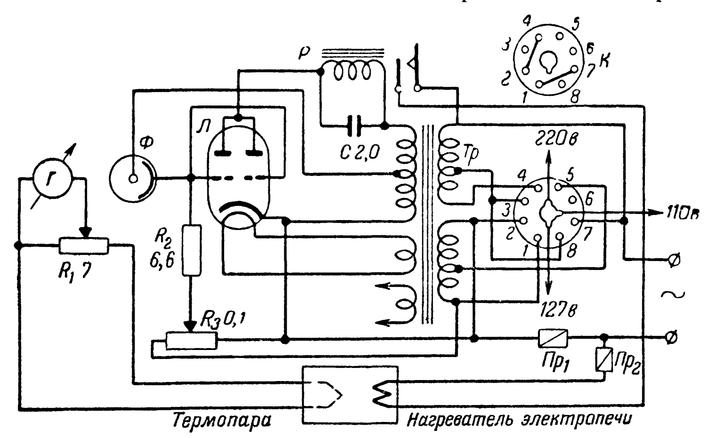
Данный терморегулятор предназначается для поддержания постоянной температуры в электропечи. В основу схемы терморегулятора положено использование фотореле.

Рассмотрим приведенную на фиг. 35 блок-схему терморегулятора. Здесь осветитель *1* посредством конденсатора *2* освещает щель диафрагмы *3*. С помощью объектива *4* изображение щели *3* проектируется в виде узкой полоски размерами 5 × 0,2 *мм* в плоскости *5* стрелки гальванометра *10*.



Фиг. 35. Блок-схема терморегулятора.

Этот гальванометр включен в цепь термопары, находящейся в электропечи *9*. За плоскостью стрелки находится фотоэлемент *6* (вмонтированный внутрь гальванометра), включенный в схему усилителя *7*. В анодной цепи лампы усилителя применено реле *8*, с помощью которого производятся включение и выключение подогревателя электропечи.



Фиг. 36. Принципиальная схема усилителя фотореле.

Принципиальная схема усилителя фотореле изображена на фиг. 36. Как видно из этой схемы, лампа *Л* усилителя и фотоэлемент *Ф* питаются непосредственно переменным током, т. е. помимо своих основных функций одновременно выполняют роль однополупериодных выпрямителей.

Напряжение смещения на управляющую сетку *Л* подается с части потенциометра R_3, включенного в первичную обмотку силового трансформатора *Тр*. Это напряжение

должно быть сдвинуто по фазе на 180° относительно напряжений, действующих на анодах лампы и фотоэлемента.

Так как через лампу *Л* протекает ток только в течение одного полупериода переменного напряжения, то при обеспечении упомянутого сдвига по фазе в рабочие полупериоды переменного тока на управляющей сетке лампы *Л* будет действовать отрицательное напряжение, запирающее лампу.

Отпирается же лампа *Л* только тогда, когда через сопротивление R_2 проходит ток фотоэлемента *Ф*, образующий на этом сопротивлении положительное напряжение, компенсирующее отрицательное напряжение на сетке лампы, поступающее с сопротивления R_3.

Пока температура в печи не достигла заданного значения, стрелка гальванометра не перекрывает светового луча и в цепи фотоэлемента проходит ток, под действием которого на сопротивлении R_2 выделяется напряжение, нейтрализующее отрицательное смещение на сетке лампы *Л*. Вследствие этого через лампу *Л* начинает проходить значительный анодный ток, под действием которого срабатывает реле *Р*.

Прибор регулируется с таким расчетом, чтобы при достижении в печи заданной температуры стрелка гальванометра *Г* пересекла световой луч. Как только это произойдет, ток в цепи фотоэлемента уменьшится почти до нуля, одновременно с чем и напряжение на сопротивлении R_2 станет тоже близким к нулю. В результате этого управляющая сетка лампы *Л* окажется заряженной отрицательно под действием напряжения смещения, снимаемого с сопротивления R_3. Это приведет к резкому ослаблению или полному прекращению анодного тока лампы *Л* и размыканию контактов реле *Р*, к которым подсоединены концы цепи питания печи. После разрыва этой цепи температура электропечи начнет понижаться вплоть до того момента, пока стрелка гальванометра не откроет снова световой луч.

Этот процесс будет непрерывно повторяться, обеспечивая поддержание постоянной температуры в интервале регулирования.

В описываемом терморегуляторе установка заданного значения постоянной температуры в печи производится с помощью потенциометра R_1, включенного в цепь термопары.

Потенциометр R_3, как упоминалось, предназначается для установления такого минимального отрицательного напряжения смещения, чтобы при затемненном фотоэлементе

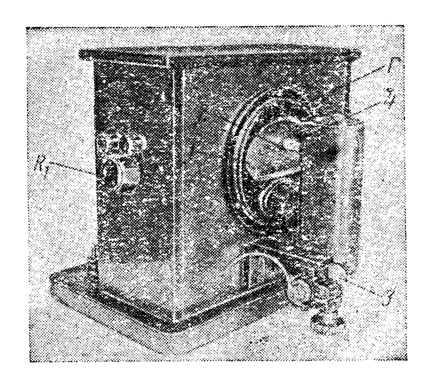
лампа *Л* запиралась, т. е. чтобы не срабатывало реле. Необходимость регулировки величины отрицательного смещения с помощью потенциометра R_3 может возникнуть при смене лампы или фотоэлемента.

Шунтирующий обмотку реле *Р* конденсатор *С* фазирует напряжение, действующее на анодах усилительной лампы *Л* и фотоэлемента *Ф*, а также сглаживает пульсации анодного тока.

Конструкция и детали прибора

Все детали прибора размещены в деревянном ящике размерами 100 × 250 × 250 *мм*. Для описываемой конструкции был применен готовый ящик от школьного гальванометра (фиг. 37). Задняя стенка этого ящика используется как передняя панель прибора. В ней вырезается круглое отверстие для крепления гальванометра *Г*.

В приборе применен переделанный гальванометр типа ГПС. Переделка гальванометра сводится к следующему: убирается подгоночный потенциометр и на его место устанавливается (внутри прибора за шкалой) фотоэлемент типа ЦГ-3 так, чтобы траектория движения флажка стрелки *1* проходила через центр катода фотоэлемента. В шкале гальванометра против центра упомянутого катода просверливается отверстие *2* диаметром 6 *мм* для прохода светового луча осветителя *3*. Этот луч направляется в упомянутое отверстие объективом *4*.

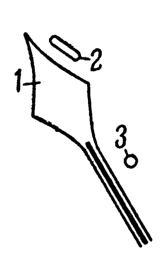


Фиг. 37. Общий вид терморегулятора.

В качестве объектива для прибора можно использовать микрооптику от любого звукового кинопроектора, где она служит для воспроизведения звука с фонограммы фильма. Основное требование, предъявляемое к такому объективу, заключается в том, чтобы он хорошо фокусировал узкий световой луч, проектируемый на плоскость перемещения стрелки гальванометра.

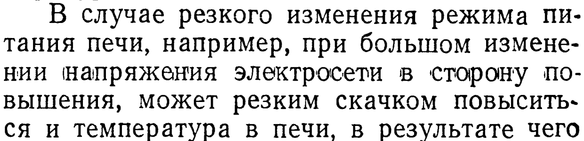
В описываемой конструкции использована микрооптика от передвижного киноаппарата типа ЗКП (выпускался

в 1934—1935 гг.). Тубус микрооптики укрепляется над держателем так, чтобы главная фокальная ось объектива проходила через центр отверстия, проделанного в шкале гальванометра. Со стороны конденсатора микрооптики на отдельном держателе устанавливается патрон лампы осветителя. Патрон имеет шаровое сочленение с наружной обоймой держателя. Это позволяет при настройке изменять положение лампочки осветителя относительно конденсатора микрооптики. Перемещением осветителя добиваются такого положения, чтобы луч обладал максимальной световой интенсивностью.



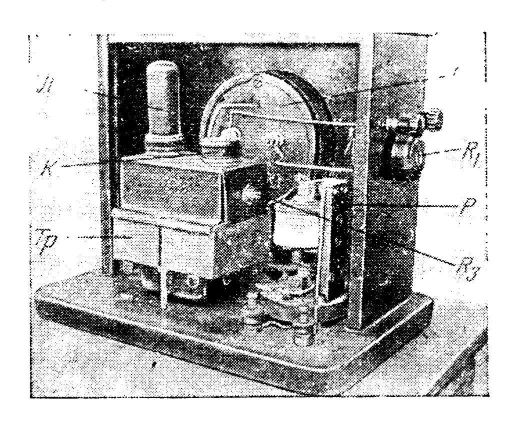
Фиг. 38. Взаимное расположение стрелки гальванометра *1*, светового луча *2* и упора *3*.

С помощью соответствующих приспособлений, имеющихся у всех оптик данного типа, световой луч устанавливается так, как показано на фиг. 38, т. е. так, чтобы при пересечении светового луча стрелкой он полностью, по всему своему сечению, перекрывался. От тщательности этой установки зависит степень точности регулирования температуры.


В случае резкого изменения режима питания печи, например, при большом изменении напряжения электросети в сторону повышения, может резким скачком повыситься и температура в печи, в результате чего стрелка гальванометра по инерции проскочит световой луч. В таком случае температура в печи будет неуклонно повышаться, так как действие терморегулятора прекратится. Чтобы устранить возможность проскакивания стрелки, надо установить в гальванометре упор, препятствующий дальнейшему движению ее. Упор устанавливается в таком месте, чтобы остановившаяся стрелка полностью перекрывала своим флажком световой луч.

Внутри на дне ящика (фиг. 39) устанавливается силовой трансформатор *Тр* типа ЭЛС-2, ртутно-вакуумное реле *Р* поплавкового типа и два зажима для включения контактов реле в цепь электроподогревателя печи. На боковой панели ящика устанавливаются два зажима для включения термопары и проволочный потенциометр R_1 для регулировки прибора на заданную температуру. На крышке трансформатора размещаются лампа *Л*, колодка *К* для переключения напряжения сети трансформатора и потенциометр R_3 для регулировки величины отрицательного напряжения смещения.

Под крышкой силового трансформатора производится перемонтаж с целью установки на одной из ее боковых стенок потенциометра R_3. Крайние точки этого потенциометра подключаются к одной половине первичной обмотки трансформатора с соблюдением отмеченного выше условия фазирования. Установленная на верхней стенке крышки силового трансформатора панелька для кенотрона заменяется панелькой для усилительной лампы *Л*. В качестве последней используется лампа типа 6Н7С, оба триода кото-

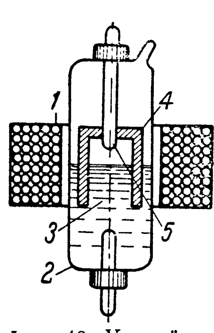


Фиг. 39. Вид на терморегулятор с задней стороны.

рой соединены между собой параллельно. Под крышкой трансформатора располагается нагрузочное сопротивление фотоэлемента R_2. Провода, идущие к фотоэлементу, припаиваются с внутренней стороны крышки трансформатора к контактам предохранителя. Предохранитель убирается, а к освободившимся контактам припаиваются провода, идущие от установленного в гальванометре фотоэлемента. Провода, которые раньше были припаяны к контактам предохранителя, соединяются на прямую и изолируются. Предохранители $Пр_1$ и $Пр_2$ цепи трансформатора и цепи нагревательного элемента печи устанавливаются в ящике прибора.

В приборе применено ртутное реле поплавкового типа. Схематически устройство его показано на фиг. 40. Это реле состоит из соленоида *1*, внутри которого помещен эвакуированный стеклянный баллон *2*. В этот баллон налита ртуть *3*, в которой плавает стальной поплавок *4*. При прохождении

через обмотку соленоида 1 электрического тока поплавок 4 втягивается в соленоид (вниз) и вытесняет ртуть. В результате этого уровень ртути поднимается и, дойдя до верхнего контакта 5, замыкает оба эти контакта. Такое реле удобно тем, что оно позволяет производить непосредственное включение и выключение электропечи, потребляющей ток до 20 *а*. В обмотке этого реле протекает ток при разомкнутых контактах порядка 4 *ма* и при замкнутых—около 8 *ма*. Для обеспечения устойчивой работы реле при колебаниях питающего напряжения электросети с помощью потенциометра R_3 подбирается такое отрицательное смещение на управляющей сетке лампы *Л*, чтобы при затемненном фотоэлементе ток в цепи обмотки реле был меньше тока, при котором размыкаются контакты реле, на 2 *ма*. При освещенном же фотоэлементе подбирается такой ток в обмотке реле, чтобы он был на 2 *ма* больше тока, при котором срабатывает реле (замыкаются контакты). Это достигается фокусировкой лампочки осветителя или изменением ширины щели в микрооптике.



Фиг. 40. Устройство ртутно-вакуумного реле поплавкового типа (в разрезе)

1—соленоид (катушка); 2—стеклянный баллон; 3—ртуть; 4—стальной поплавок; 5—контакты.

В случае применения такого терморегулятора для регулировки температуры печи, потребляющей большой ток, можно вместо ртутного реле применить промежуточное электромагнитное реле, которое своими контактами будет включать цепь электромагнитного контактора. Вообще при отсутствии ртутного реле его можно с успехом заменить двумя электромагнитными реле: первичным и вторичным. Первичное (маломощное) реле в подобном случае будет выполнять функции промежуточного реле. Его обмотка включается в анодную цепь лампы терморегулятора, а контакты — последовательно в цепь обмотки вторичного реле и в цепь питающего эту обмотку напряжения. Вторичное реле при таком включении будет служить основным реле, включающим и выключающим ток, протекающий через подогреватели печи.

Работа с прибором

Внутри электропечи помещаются две термопары. Одна из них устанавливается ближе к нагревательному элементу печи. Эта термопара подключается к зажимам, соединенным

с крайними точками потенциометра R_1. Другая термопара устанавливается в рабочем пространстве печи (в какой-нибудь его зоне) и соединяется с комплектным с нею контрольным гальванометром. Шкала такого гальванометра обычно градуируется в градусах Цельсия; назначение этого гальванометра — контроль за температурой печи.

Установка заданной температуры печи производится следующим образом. Движок потенциометра R_1 устанавливается в левое положение (см. фиг. 36). После включения напряжения и прогрева лампы прибора стрелка гальванометра терморегулятора в первое время (вследствие низкой температуры печи) не будет перекрывать светового луча. Поэтому фотоэлемент окажется освещенным, контакты реле замкнутыми и, следовательно, печь будет находиться под напряжением, т. е. начнет нагреваться.

Как только контрольный гальванометр покажет, что печь достигла необходимой заданной температуры, производится перемещение движка потенциометра R_1 вправо до тех пор, пока флажок стрелки гальванометра не подойдет к месту пересечения светового луча. Подгоняя положение стрелки так, чтобы она только начинала пересекать световой луч, одновременно заставляем действовать терморегулятор. С этого момента температура печи будет поддерживаться приблизительно постоянной, потому что, как только она повысится, стрелка гальванометра пересечет световой луч и фотоэлемент окажется затемненным. При этом ток в анодной цепи лампы резко уменьшится, а следовательно, разомкнутся контакты реле и разорвут цепь тока электропечи. Температура печи теперь будет снижаться до тех пор, пока стрелка гальванометра не откроет светового луча. Как только световой луч будет открыт, снова сработает реле, печь окажется под током, и ее температура начнет повышаться. Этот процесс будет непрерывно повторяться. Терморегулятор при этом будет поддерживать почти постоянную температуру электропечи, колеблющуюся лишь в небольшом температурном интервале регулирования Δt.

Для уменьшения температурного интервала регулирования Δt конец термопары терморегулятора следует располагать как можно ближе к нагревательному элементу печи. Это уменьшит тепловую инерцию терморегулятора.

Другой метод уменьшения Δt заключается в применении в печи специального температурного режима, устанавливаемого путем особого способа включения ее в цепь тока.

Недостатком описанного выше режима является то, что при выключении тока из печи ее температура начинает резко понижаться, а при включении тока — быстро повышаться. Несколько уменьшить пределы колебания температуры печи при замыкании и размыкании контактов реле можно, если изменить схему включения печи так, чтобы при затемненном фотоэлементе по ее нагревательному элементу протекал некоторый ток. Величина этого тока должна быть такой, чтобы обеспечивалось поддержание температуры печи на уровне, лишь немного меньшем заданного. При освещенном же фотоэлементе (когда замкнуты контакты реле) через нагревательный элемент должен протекать ток, лишь немного больший, чем при разомкнутом реле, т. е. такой ток, при котором температура печи лишь немного превышала бы заданный уровень. При таком режиме печи не будет резких температурных скачков и интервал Δt благодаря уменьшению тепловой инерции печи резко уменьшится.

Описанный температурный режим печи можно осуществить тремя способами.

Первый способ целесообразно применять при регулировании температуры в маломощных печах. Он заключается в том, что параллельно контактам реле подключается регулировочный реостат, рассчитанный на максимальный ток, потребляемый электропечью. Сопротивление этого реостата подбирается так, чтобы при разомкнутых контактах реле температура печи оставалась на уровне, лишь немного меньшем заданной величины.

Второй способ отличается от первого тем, что в качестве упомянутого реостата используется часть нагревательного элемента самой печи, подключаемая к контактам реле.

Третий способ целесообразно применять в более мощных печах. Он заключается в том, что один вывод нагревательного элемента печи присоединяется к концу обмотки трансформатора (или автотрансформатора), а другой вывод этого элемента подключается с помощью реле то к одной, то к другой секциям этой же обмотки, обладающим разными напряжениями, соответствующими поддержанию температуры нагрева печи на уровнях, несколько меньшем и несколько большем ее рабочей температуры.

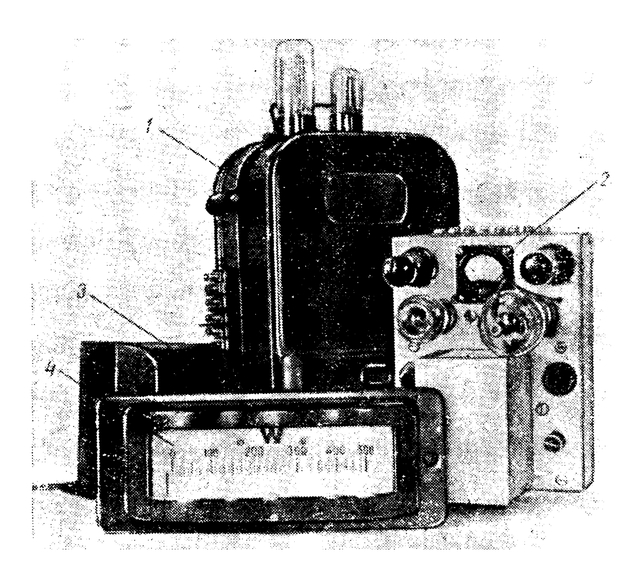
Все эти способы уменьшения Δt вполне осуществимы в лабораторных условиях и дают достаточно хорошие результаты.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ТЕЛЕВАТТМЕТР

(экспонат Р. И. Сабинина, г. Ташкент)

Одной из областей автоматики и телемеханики является телеизмерение, т. е. измерение на расстоянии различных величин, характеризующих работу какого-либо технического устройства или системы устройств.

Телеизмерение получило широкое применение в энергетических системах, где управление работой отдельных агрега-



Фиг. 41. Комплект приборов электронного телеваттметра.

1 — датчик; *2* — приемник; *3* — выходной трансформатор датчика; *4* — миллиамперметр mA_1 (отградуирован в ваттах).

тов невозможно без постоянного контроля за некоторыми величинами, определяющими рабочее состояние таких агрегатов в каждый данный момент времени.

Описываемый ниже прибор — электронный телеваттметр, внешний вид которого показан на фиг. 41, предназначается для применения в энергосистемах при измерении на расстоянии мощности электрического тока. Прибор может применяться как на кабельных, так и воздушных линиях связи протяженностью до 100—150 *км*.

Принцип действия такого прибора общеизвестен. При изготовлении описываемого прибора автором были использованы различные схемы электронных устройств, широко применяемых в энергосистемах. В этом приборе применена схема, полученная в результате внесенного автором ряда усовершенствований в электронную аппаратуру для телеизмерений, разработанную Узбекэнерго. Эти усовершенствования заключаются в применении электронного реле на выходе датчика, а также нормализатора импульсов и стабилизатора тока в приемном устройстве.

Телеизмерение мощности тока не является единственной возможностью этой схемы: ее основная часть — электронный прерыватель в сочетании с первичным измерительным прибором—индукционным счетчиком той или иной конструкции, может служить для измерения самых разнообразных величин. По этим соображениям в описании датчика подробно рассматривается устройство электронного прерывателя и весьма мало сказано о примененном первичном измерителе-счетчике, являющемся нехарактерным элементом конструкции.

Основы техники телеизмерения

При телеизмерении определяемую величину с помощью специальных устройств, называемых датчиками, преобразуют в такую электрическую величину, которую удобно передать на большие расстояния по минимальному числу проводов. Датчик устанавливается в непосредственной близости от объекта измерения на передающей стороне.

Приемная сторона при помощи второго преобразователя, называемого приемником, создает ток, среднее значение которого пропорционально измеряемой величине. Этот ток измеряется обычным прибором, градуированным в единицах, непосредственно соответствующих измеряемым величинам.

Наиболее совершенными системами телеизмерения являются импульсные и частотные системы. В первом случае передача ведется импульсами постоянного тока, а во втором — переменным током. Частота импульсов или периодов переменного тока в этих системах является функцией измеряемой величины. Такие системы позволяют использовать любые каналы связи, в том числе и радио.

В импульсных системах телеизмерения удобно, с точки зрения упрощения конструкции датчика, определять значение измеряемой величины по скорости вращения какого-либо элемента, например, диска счетчика.

Электрический счетчик, в котором скорость вращения диска определяет мощность измеряемого тока, может быть использован в датчике активной или реактивной мощности. При соответствующем изменении параметров обмоток счетчика его можно включить как вольтметр или амперметр. Если ввести в одну из обмоток счетчика резонансный контур, настроенный на частоту 50 *гц*, можно выполнить датчик для контроля за частотой переменного тока и т. п.

Являясь достаточно универсальным прибором для измерений различных величин, электрический счетчик обеспечивает исключительно благоприятные возможности для создания как частотного, так и частотно-импульсного датчика. Такой датчик, например, может образовывать импульсы тока, частота которых пропорциональна скорости вращения диска счетчика. Выполнение этой задачи сводится к укреплению на оси счетчика какого-либо приспособления, создающего за каждый оборот оси определенное число прерываний тока.

Известно несколько употребляемых в практике типов прерывателей тока. Наибольшее распространение из них получил коллекторный прерыватель. Это объясняется исключительной простотой конструкции такого прерывателя. Однако, ввиду того что этот тип прерывателя имеет ряд существенных недостатков, автор отказался от его использования и в описываемой конструкции датчика применил электронный прерыватель.

Схема и принцип действия датчика с электронным прерывателем

Работа электронного прерывателя основана на срыве колебаний лампового генератора, собранного по схеме с самовозбуждением. Срыв колебаний достигается введением между полюсными наконечниками сердечника анодной и сеточной катушек генератора металлического экрана. Таким экраном служат зубцы, выфрезированные на алюминиевом диске счетчика.

Известно, что условие самовозбуждения генератора определяется формулой

$$S = \frac{RC}{M - \frac{L}{\mu}},$$

где S — средняя (динамическая) крутизна характеристики лампы;

R, L, C — параметры контура;

M — коэффициент взаимоиндукции между катушками контура и обратной связи;

μ — коэффициент усиления лампы.

Если размеры зубца, вводимого между катушками, обеспечивают уменьшение M в такой мере, что приведенное равенство нарушается, наступает срыв колебаний. Для повторного возбуждения генератора достаточно восстановить первоначальные условия, т. е. удалить экранирующий зубец.

При вращении диска, расположенного так, чтобы его зубцы проходили между полюсными наконечниками сердечника катушек генератора, возбуждающиеся колебания в последнем будут носить импульсный характер. Очевидно, что частота генерируемых импульсов будет находиться в определенной функциональной зависимости от изменения той величины, которая измеряется счетчиком, так как при неизменном числе зубцов ее значение пропорционально скорости вращения диска. Таким образом, в электронном прерывателе происходит своеобразная модуляция основной несущей частоты генератора частотой, соответствующей в каждый данный момент определенному значению измеряемой величины.

Эта модулированная частота может быть непосредственно использована для передачи телеизмерений по частотным каналам. При этом необходимое значение несущей частоты устанавливается путем соответствующей настройки генератора.

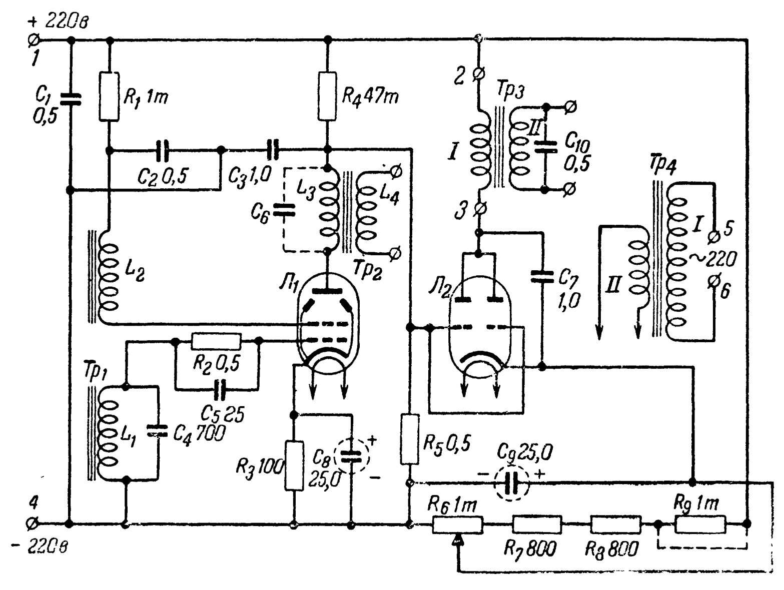
При работе по подтональным каналам можно произвольно выбирать несущую частоту, так как в этом случае передача производится импульсами постоянного тока, возникающими в анодной цепи генератора, работающего в режиме периодического самовозбуждения. Именно этот вариант электронного прерывателя применен в описываемой ниже конструкции датчика.

Обычно в схемах датчиков с электронным прерывателем в его генераторе применяется триод. В данной конструкции применен лучевой тетрод $Л_1$ типа 6П3С (фиг. 42). Генератор собран по схеме с электронной связью. Схема датчика объединяет в себе задающий генератор и усилитель мощности.

Возбудитель собран по схеме последовательного питания. Роль анода возбудителя выполняет экранная сетка. Генерируемая частота, значение которой определяется параметра-

ми контура возбудителя, выбирается в диапазоне тональных частот и усиливается в анодной цепи лампы. Анодный контур может быть как резонансным (настроенным на основную или удвоенную частоту), так и апериодическим.

Прерыватель датчика, выполненный по схеме генератора с электронной связью, выгодно отличается от аналогичных схем, в которых в генераторе применяется триод. Он обладает более высокой стабильностью частоты (что имеет осо-



Фиг. 42. Принципиальная схема датчика.

бое значение при передачах по частотным каналам) и в нем значительно в меньшей мере сказывается воздействие механизма прерывателя на работу счетчика как измерительного прибора. Это воздействие заключается в том, что диск в моменты прохождения его зубцов между катушками испытывает торможение со стороны магнитного поля, создаваемого токами, индуктирующимися в самом диске. Очевидно, что при прочих равных условиях величина тормозящего действия будет меньше при меньших значениях токов, протекающих в катушках прерывателя. Так как в описываемом приборе эти катушки включены в задающий генератор, обладающий небольшой мощностью, то и диск испытывает незначительное тормозящее действие.

На устойчивость работы схемы оказывает большое влияние величина напряжения сеточного смещения лампы $Л_1$, снимаемого с сопротивления R_3. Выбранное напряжение смещения должно обеспечивать такой режим работы генератора, чтобы возникновение и срыв генерации точно совпадали по времени со средними положениями зубца или выреза диска между катушками. Этому условию соответствует установка рабочей точки на участке характеристики лампы с достаточно большой крутизной S.

Наличие в цепи управляющей сетки лампы $Л_1$ ячейки из R_2C_5 способствует уменьшению постоянной составляющей анодного тока при возникновении генерации. В случае правильного выбора режима работы генератора при возникновении генерации постоянная составляющая анодного тока уменьшается в несколько десятков раз.

При вращении диска с зубцами образующийся в анодной цепи генератора ток содержит кроме постоянной составляющей еще две переменные. Одна из переменных составляющих имеет частоту генерации, другая — частоту прерываний, т. е. частоту импульсов модуляции. Импульсы выделяются на нагрузке и поступают на сетку лампы усилителя импульсов $Л_2$ типа 6Н7С (оба триода этой лампы соединяются параллельно).

При отсутствии генерации через лампу $Л_1$ проходит значительный анодный ток. Это вызывает увеличение падения напряжения на сопротивлении R_4 и соответственно уменьшение падения напряжения на сопротивлении R_5. В результате этого напряжение смещения, поступающее с потенциометра R_6, создаст настолько большой отрицательный потенциал на сетке триода $Л_2$, что эта лампа запрется.

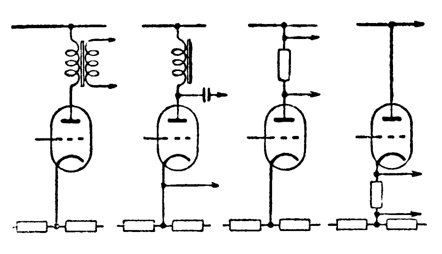
В момент возникновения генерации в электронном прерывателе падение напряжения на сопротивление R_4 резко уменьшается, и возрастает падение напряжения на сопротивлении R_5, компенсирующее отрицательное напряжение, снимаемое с потенциометра R_6. В результате этого триод $Л_2$ отпирается и в его анодной цепи возникает импульс тока.

Таким образом, вторая лампа датчика служит выходным электронным реле.

Импульсы датчика могут использоваться для манипуляций различного рода телеграфной аппаратуры, а также непосредственно передаваться по воздушным или кабельным линиям связи. Возможные схемы выхода, позволяющие осуществить различные виды подключения датчика к проводным каналам связи, приведены на фиг. 43.

Для датчика, предназначаемого для кабельной линии связи, рационально усилитель импульсов собирать по схеме катодного повторителя.

Испытания описываемого прибора производились с выходным трансформатором. Выходной трансформатор превращает односторонние импульсы в симметричные, а также обеспечивает отдачу максимальной мощности. При использовании выходного трансформатора $Тр_3$ напряжение на его вторичной обмотке, шунтированной конденсатором C_{10} (фиг. 42), по своей форме приближается к синусоидальному и только при малых значениях частоты имеет вид отдельных двусторонних импульсов.



Фиг. 43. Схемы выхода датчика.

При протяженности линии 50—60 *км* необходимость применения выходного каскада с лампой $Л_2$ отпадает, так как в подобных случаях оказывается возможным непосредственно передавать импульсы анодного тока лампы $Л_1$. При этом датчик может быть включен в линию как непосредственно, так и через поляризованное реле или через выходной трансформатор.

Применение дифференциальных трансформаторов, включаемых по известным схемам, дает возможность одновременно использовать двухпроводную линию для целей телефонирования и телеизмерения.

В случае передачи сигналов телеизмерения по многоканальным линиям связи генератор прерывателя может быть использован как задающий генератор несущей частоты. Частота генератора в этом случае определяется по формуле

$$f = 300 + 120\ П,$$

где f — частота, *гц*;

$П$ — порядковый номер канала.

Напряжение тональной частоты следует снимать с дополнительной обмотки, наматываемой поверх катушки L_3 генератора. На фиг. 42 эта обмотка обозначена L_4. Обмотки L_3 и L_4 образуют трансформатор $Тр_2$. Делается эта обмотка в том случае, когда датчик предназначается для использования как генератор несущей частоты. В описываемом варианте

в этой обмотке необходимости не возникает. Связь этой обмотки с линией связи осуществляется через полосовой фильтр.

Помимо амплитудной модуляции, осуществляемой диском, возможно применение и частотной модуляции. Она может быть получена выбором такого режима генератора, при котором проходящий между катушками зубец диска будет вызывать не срыв генерации, а изменение собственной частоты контура.

Использование датчика в качестве генератора тональной частоты с амплитудной модуляцией не исключает возможности включения в цепь анода генератора выходного блока для одновременной передачи импульсов по неуплотненным каналам.

Таким образом, оказывается возможным производить передачу от одного датчика одновременно по различным каналам.

В случае передачи импульсов тональной частотой прием ведется по общеизвестным методам, применяемым при тональном телеграфировании.

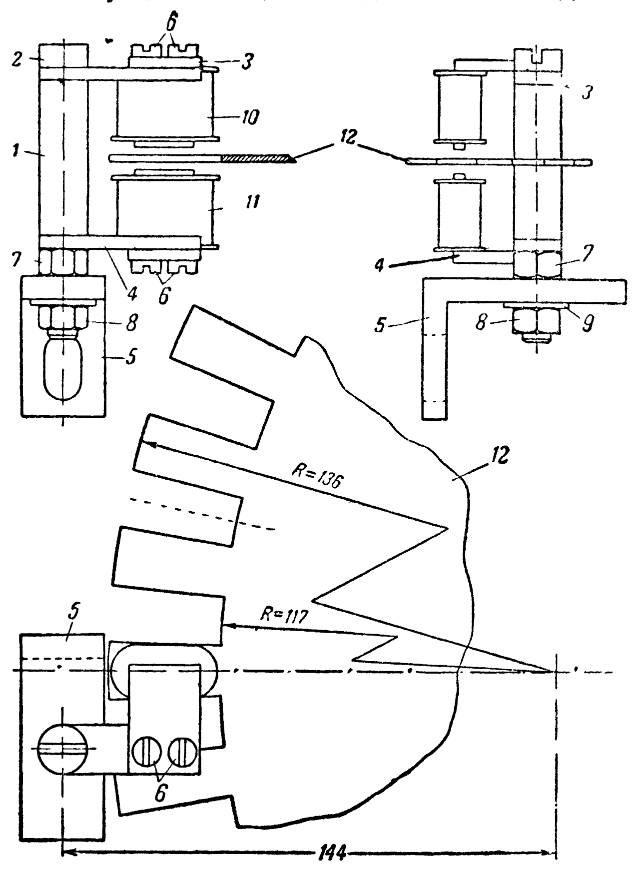
Конструкция датчика

Для изготовления датчика использован индукционный счетчик типа АСТ. Такой счетчик имеет два диска и три электромагнитных системы, из которых для работы датчика оставляются только две нижние, а верхняя удаляется. Счетный механизм не используется и может быть также снят. В результате такой реконструкции получается двухэлементный счетчик, пригодный для изготовления датчика, предназначенного для измерения активной или реактивной мощности в цепях однофазного и трехфазного тока. Включение счетчика в цепь измеряемого тока производится по обычным схемам.

Верхний диск счетчика используется для работы электронного прерывателя и вместе со специальным трансформатором $Тр_1$ является важнейшим конструктивным узлом (фиг. 44). По окружности этого диска, разделенной на 48 равных частей, вырезаются или выпиливаются лобзиком 24 одинаковых зубца высотой 19 *мм*. Зубцы, так же как и промежутки между ними, по своей форме и размерам должны быть строго одинаковыми и лежать в плоскости диска. Невыполнение этих условий может вызвать нарушение балансировки подвижной части счетчика, что помимо ухудшения

его работы как первичного измерителя может отразиться на увеличении вибрации стрелки приемного прибора.

Трансформатор Tp_1 с зазором, предназначенным для прохождения зубцов диска, имеет две обмотки. Одна из них



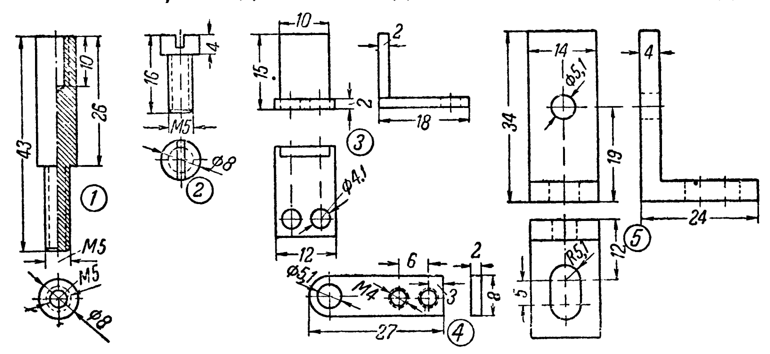
Фиг. 44. Устройство трансформатора Tp_1 генератора датчика.

1—стальная стойка; *2*—стальной винт М-5; *3*—полюсные наконечники от магнитной системы телефонной трубки; *4*—стальные пластины; *5*—угольник, крепящий трансформатор; *6*—стальные винты М-4; *7*—стальная гайка М-5 (высота 9 *мм*); *8*—стальная гайка М-5 (высота 7 *мм*); *9*—шайба; *10*—катушка L_2 от телефонной трубки; *11*—катушка L_1 от телефонной трубки; *12*—алюминиевый диск с зубцами.

обмотка L_1 используется в контуре генератора, а вторая L_2 служит обмоткой обратной связи. Катушки с этими обмотками располагаются на полюсных наконечниках С-образ-

ного сердечника, собранного из мягкой стали. Размеры деталей этого сердечника приведены на фиг. 45. Для этого трансформатора используются каркасы катушек (неметаллические) и сердечники от обычного головного телефона.

Катушка L_1 трансформатора Tp_1 намотана проводом ПЭ 0,11, а катушка L_2 — проводом ПЭ 0,15. При плотном заполнении каркаса обмоткой, намотанной проводом указанного сечения, отпадает необходимость вести точный подсчет



Фиг. 45. Детали трансформатора Tp_1 генератора.
1 — стальная стойка; 2 — стальной винт; 3 — полюсные наконечники; 4 — стальные пластины; 5 — угольник.

витков. Намотка ведется «внавал» без применения изоляционных прокладок. Концы обмоток выводятся гибкими проводниками.

Такая конструкция трансформатора проста в изготовлении и выгодна тем, что благодаря малым габаритам катушек позволяет уменьшить ширину зубца диска до $8 \div 10$ *мм* и разместить на диске обычных размеров $25 \div 30$ зубцов.

Однако в случае необходимости использования датчика как генератора несущей частоты такой трансформатор не обеспечит хорошей формы кривой и стабильности частоты[1]. В таком случае сердечник следует собрать из отдельных пластин трансформаторной стали или пермаллоя, увеличив его сечение до $1 \div 1,5$ *см²*, форма сердечника сохраняется прежняя (С-образная), но зазор увеличивается до $5 \div 6$ *мм*. Примерные даные обмоток для диапазона тональных частот могут быть следующие: обмотка катушки L_1 — 1 000 витков провода ПЭ $0,18 \div 0,25$ и обмотка катушки L_2 — 1 200 витков

[1] В описываемом варианте прерывателя, как следует из принципа его действия, эти недостатки не сказываются на работе датчика.

провода ПЭ 0,11÷0,15 с отводами для регулировки величины обратной связи после 700 и 1 000 витков. Намотка производится правильными рядами виток к витку; каждый ряд обмотки изолируется бумажной прокладкой.

Импульсы тональной частоты поступают в линию связи со специальной обмотки, дополнительно наматываемой на катушке L_3 усилителя мощности. Данные этой обмотки подбираются опытным путем в зависимости от сопротивления нагрузки (линии). В качестве катушки L_3 может быть использована одна из обмоток трансформатора от телефонного аппарата. Магнитопровод трансформатора Tp_2 должен быть замкнутым, сечение его сердечника — 0,4 *см*². Форма и размеры пластины его сердечника приведены на фиг. 46. Обмотка состоит из 2 500 витков провода ПЭ 0,12. Наматывается она правильными рядами виток к витку; каждый ряд изолируется бумажной прокладкой.

Фиг. 46. Форма и размеры пластин (толщиной 0,35 *мм*) сердечника трансформатора Tp_2.

Выходной трансформатор Tp_3 датчика имеет следующие данные: сердечник сечением 12,5 *см*² состоит из пластин типа Ш-25. Первичная обмотка *I* содержит 10 000 витков провода ПЭ 0,18, а вторичная *II* — 7 000 витков провода ПЭ 0,21. Намотка ведется виток к витку с бумажными прокладками после каждого слоя. Трансформатор заключен в стальной чехол (от усилителя УП-8).

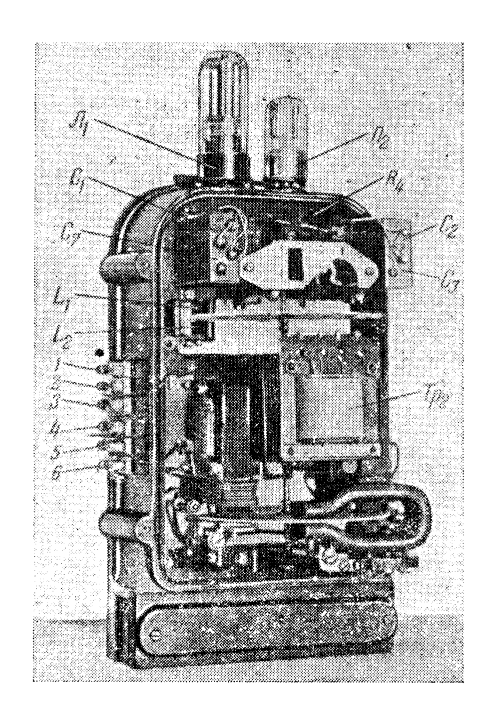
Данные трансформатора накала Tp_4 следующие: сердечник сечением 6 *см*² состоит из пластин типа Ш-20. Первичная обмотка *I* содержит 2 640 витков провода ПЭ 0,16, а вторичная *II* — 70 витков провода ПБД 1,0.

В датчике применено шесть проволочных сопротивлений, из которых четыре (R_3, R_4, R_6 и R_9) самодельные, а два (R_7, R_8) — фабричные, остеклованные, рассчитанные на ток 200 *ма*. Сопротивление R_3 наматывается на фарфоровой трубке одноваттного сопротивления типа ТО. Сопротивление R_4 наматывается на каркасе диаметром 25 *мм*, высотой 30 *мм*; провод применяется константановый ПЭШДК 0,15, намотка — бифилярная. Для сопротивления R_6 в качестве каркаса использована фарфоровая трубка. Его обмотка намотана из голого (отожженного) константанового провода диаметром 0,18. Поверх обмотки этого сопротивления надет

подвижный металлический хомутик, выполняющий роль ползунка.

Сопротивление R_9 в схеме (фиг. 42) замкнуто накоротко перемычкой. Последняя снимается в тех случаях, когда номинальное напряжение анодного питания превышает 220 *в*. Это сопротивление намотано из голого отожженного манганинового провода диаметром 0,1 *мм* на фарфоровой трубке.

Остальные сопротивления непроволочные: R_1 рассчитано на мощность 1 *вт*, а R_2 и R_5 — на 0,25 *вт*.



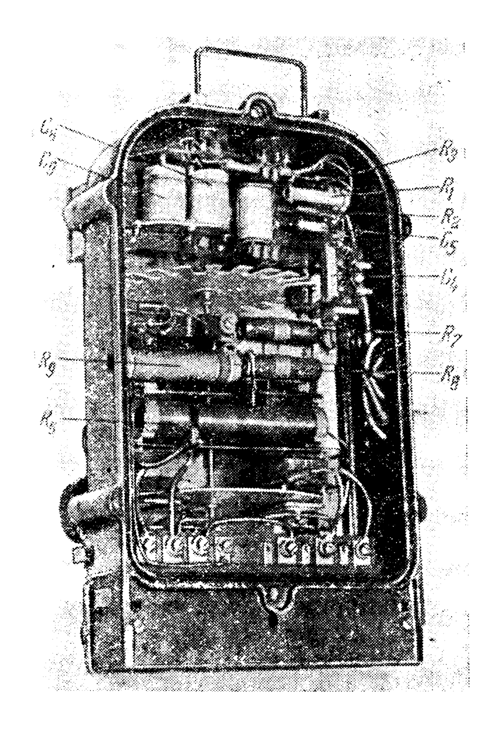
Фиг. 47. Датчик. Вид спереди.

Конденсаторы C_1, C_2, C_3, C_7 и C_{10} — бумажные на рабочее напряжение не ниже 250 *в*; C_4, C_5 и C_6 — слюдяные; C_8 и C_9 — электролитические на рабочее напряжение 30 *в*. Величина конденсатора C_6 определяется опытным путем при настройке генератора.

Основная часть деталей расположена в верхней части корпуса счетчика. На передней стороне счетчика (фиг.47) находятся: трансформатор Tp_2, сопротивление R_4, конденса-

торы C_1, C_2, C_3 и C_7. Трансформатор $Тр_2$ помещается над тормозным магнитом счетчика и крепится с помощью скобок. Конденсаторы размещены по обеим сторонам верхнего подшипника счетчика, а между ними, выше подшипника, укреплено сопротивление R_4.

Ламповые панельки располагаются на верхней горизонтальной стенке корпуса. С левой стороны на боковой стенке находятся зажимы датчика.



Фиг. 48. Датчик. Вид сзади.

Остальные детали схемы за исключением выходного трансформатора $Тр_3$, выполняемого в виде отдельного блока, размещаются внутри корпуса (фиг. 48) счетчика, в задней его части.

Трансформатор генератора $Тр_1$ привинчивается к корпусу счетчика с помощью стойки, размеры которой даны на фиг. 44, и располагается так, чтобы диск находился в середине зазора между катушками, а последние были направ-

лены своей удлиненной частью по радиусу диска. Это достигается поворотом всей системы вокруг винта, которым она крепится на стойке.

Монтаж схемы не отличается никакими особенностями.

Если датчик предназначается только для работы по частотным каналам, то в таком случае изготавливается лишь электронный прерыватель, так как отпадает надобность в усилителе импульсов.

Налаживание датчика

Напряжение питания анодов ламп датчика, выполненного по данным, приведенным на фиг. 42 и в описании, может изменяться в пределах от 80 до 250 *в*. При этом работа схемы не нарушается, изменяется лишь амплитуда выходных импульсов. Налаживание датчика производится при том напряжении, которое будет выбрано для него в качестве номинального. Налаживание следует начинать с электронного прерывателя, причем на это время надо вынуть лампу усилителя импульсов из панельки.

Исходным моментом в налаживании является получение генерации путем правильного включения концов катушки обратной связи L_2 задающего генератора. Эта работа значительно облегчается, если временно убрать зубчатый диск, а катушки L_1 и L_2 придвинуть друг к другу вплотную.

О возникновении генерации судят по резкому уменьшению показания миллиамперметра постоянного тока со шкалой 50—100 *ма*, включенного в анодную цепь генератора между сопротивлением R_4 и «плюсом» анодного напряжения.

Изменением расстояния между катушками и подбором емкостей C_4 и C_6 колебательных контуров генератора и усилителя мощности добиваются минимального значения постоянной составляющей анодного тока. Величина этого тока при правильном налаживании не должна превышать 3—5 *ма*. Следует отметить, что при настройке описываемого экземпляра генератора не понадобилось включать конденсатор C_6.

После получения минимальной постоянной составляющей анодного тока проверяют возникновение срыва генерации при введении между катушками зубца диска. В момент срыва колебаний резко увеличивается анодный ток, контролируемый миллиамперметром. При правильном режиме работы прерывателя введение даже половины зубца между катушками вызывает полный срыв генерации. В отсутствии ге-

нерации легко можно убедиться дополнительным замыканием накоротко какой-либо катушки генератора: если при этом сила анодного тока останется неизменной, то это будет означать, что генератор не генерирует.

Возникновения и срывы колебаний при вращении диска не должны нарушаться при разрыве цепи анода лампы генератора. Налаживание прерывателя заканчивается проверкой влияния на его работу колебаний анодного напряжения в тех пределах, которые соответствуют рабочим условиям эксплуатации датчика. Необходимо учитывать, что увеличение этого напряжения может привести к тому, что генерация не будет срываться даже при полностью введенном зубце. Устраняется такое явление путем увеличения расстояния между катушками L_1 и L_2. При слишком низком анодном напряжении генерация может прекратиться даже при полной связи между катушками. В этом случае следует проверить настройку контура и попробовать изменить величину сопротивления R_3, включенного в цепь катода лампы генератора.

Правильно налаженный генератор при любом значении анодного напряжения (в рабочих пределах) должен давать совершенно «четкие» и равномерные пульсации анодного тока, образующиеся при вращении диска счетчика со скоростью, в десятки раз превышающей его номинальную скорость вращения.

Налаживание усилителя импульсов сводится к подбору отрицательного смещения на сетках лампы 6Н7С, полностью запирающего ее при отсутствии колебаний в генераторе. Такой режим работы лампы устанавливается регулировкой сопротивления R_6.

Режим работы электронного прерывателя и усилителя импульсов при анодном напряжении 220 *в* характеризуется данными табл. 3.

Таблица 3

Ток	Режим работы		Абсолютная величина прироста тока
	генерации нет	генерация есть	
Ток экранной сетки лампы 6П3С, *ма*	14	11	3
Ток анода лампы 6П3С, *ма* .	2	32	30
Общий ток анодов лампы 6Н7С, *ма*	0	75	75

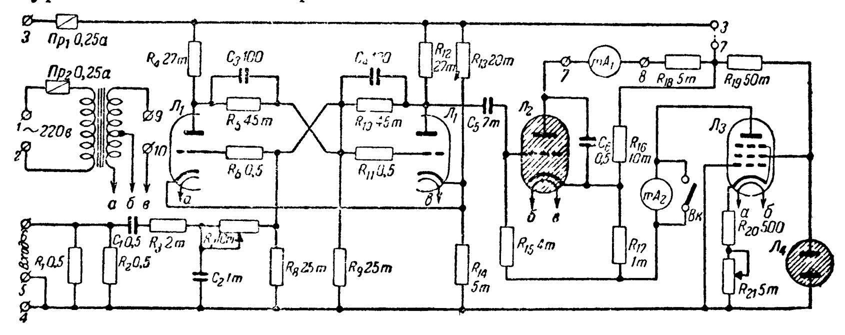
Приведенные в табл. 3 цифры, характеризующие изменение величины тока экранной сетки лампы генератора, иллюстрируют отмеченные выше достоинства данной схемы, отличающейся уменьшенным обратным воздействием датчика на первичный измеритель.

Величина емкости конденсатора C_{10} подбирается в процессе настройки датчика. Этот конденсатор предназначается для получения наилучшей формы кривой на выходе датчика; монтируется он в кожухе выходного трансформатора Tp_3.

Правильно налаженный датчик работает безотказно при длительной непрерывной эксплуатации и за исключением смены ламп не требует за собой никакого ухода.

Схема и принцип действия приемника

К приемному устройству предъявлен ряд весьма жестких требований. Приемник должен обеспечивать нормальную работу при изменениях параметров линии связи, уровня помех и напряжений источников питания.



Фиг. 49. Принципиальная схема приемника.

Основными элементами приемника являются: входное устройство, нормализатор импульсов, конденсаторный преобразователь и стабилизатор источника питания измерительного прибора.

По принципу действия данная схема приемника (фиг. 49) отличается от получивших распространение схем измерения частоты импульсов по средней величине зарядного тока конденсатора отсутствием механического реле. Функции последнего здесь выполняет тиратрон, управляемый электронным реле.

При применении механического реле, обычно включаемого непосредственно в линию связи, вопросы влияния

помех и переменных параметров линии решаются без особых затруднений путем выбора соответствующей чувствительности приемного реле. Электронное реле, являясь более чувствительным и безинерционным, предъявляет совершенно иные требования к постоянству параметров пусковых импульсов, управляющих его работой. Без принятия специальных мер, надежно обеспечивающих это постоянство, входной импульс (искажение которого в линии связи может иметь самый разнообразный характер) в ряде случаев может вызвать не одно, а несколько срабатываний электронного реле, что исключает возможность его использования в схеме частотомера.

Входное устройство и нормализатор импульсов являются теми элементами приемника, которые гарантируют измерительную часть схемы от ложных срабатываний. Однако это относится к тем случаям, когда состояние линии связи удовлетворяет всем требованиям ее нормальной эксплуатации, а уровень помех не превышает уровня полезного сигнала.

Входное устройство одновременно является соединительным звеном между схемой и воздушной или кабельной линией связи.

Сопротивления R_1 и R_2, шунтирующие входные гнезда приемника, способствуют некоторой стабилизации изменений сопротивления изоляции линии. Конденсатор C_1 изолирует схему от тех постоянных составляющих помех, которые обычно имеются в линиях связи. Ячейка R_3 и C_2 ослабляет низкочастотные помехи. Сопротивление R_7 служит для регулировки чувствительности приемника. Если амплитуда входных импульсов превышает уровень помех, то при соответствующей величине этого регулируемого сопротивления схема реагирует только на импульсы и остается нечувствительной к помехам.

Задачей нормализатора импульсов является превращение искаженных линией связи импульсов в прямоугольные импульсы. Эта задача выполняется с помощью электронного реостатного опрокидывающегося реле с двумя устойчивыми состояниями, управляющегося поступающими из линии импульсами. При воздействии двусторонних (положительной и отрицательной полярностей) импульсов на сетку одной из ламп опрокидывающегося реле напряжения в анодных цепях ламп приобретают форму прямоугольных импульсов, частота которых равна частоте входных импульсов. Не останавливаясь подробно на работе опрокидывающегося реле, так как оно выполнено по общеизвестной схеме, следует

отметить целесообразность его применения в электронном частотомере.

Использование прямоугольного напряжения опрокидывающегося реле для управления зарядом и разрядом конденсатора C_6 обеспечивает выполнение отмеченных выше условий нормальной работы частотомера. Так как время срабатывания опрокидывающегося реле фактически не зависит от длительности пусковых импульсов, схема особенно удобна, когда форма и длительность импульсов изменяются в широких пределах.

Путем изменения соотношений величин сопротивлений R_{13} и R_{14}, определяющих величину отрицательного сеточного смещения лампы $Л_1$ типа 6Н7С, а также регулировкой сопротивления R_7 можно изменять чувствительность опрокидывающегося реле в широком диапазоне. Это позволяет успешно осуществлять отсечку помех.

Проникновение помех в измерительную часть схемы ограничивается еще и тем, что поступающие в нее «измерительные» импульсы снимаются с анода той триодной части (правой по схеме фиг. 49) лампы $Л_1$ опрокидывающегося реле, которая управляется не входными импульсами, а импульсами, поступающими от другой триодной части (левой) этой же лампы. Усиление помех левым (по схеме) триодом $Л_1$ возможно только тогда, когда он открыт. Однако этому моменту соответствует запертое состояние правого триода $Л_1$, с которого снимаются «измерительные» импульсы. В этом заключается одно из преимуществ использования опрокидывающегося реле в приемнике.

К важным достоинствам опрокидывающегося реле следует отнести его безотказность действия при длительной и непрерывной эксплуатации и независимость его работы от обычно имеющих место колебаний питающего напряжения.

Конденсаторный преобразователь является основной частью приемника. Он состоит из тиратрона $Л_2$ типа ТГ-212 и конденсатора C_6, включенного по известной схеме автоматического гашения тиратрона. На сетку тиратрона $Л_2$ через сопротивление R_{15} подается постоянное отрицательное напряжение смещения, снимаемое с сопротивления R_{17} делителя напряжения сеточного смещения тиратрона. Величина этого напряжения несколько больше напряжения запирания тиратрона.

Когда тиратрон заперт, конденсатор C_6 заряжается до величины анодного напряжения источника питания. При воздействии на сетку тиратрона положительного импульса,

величина которого достаточна для его отпирания, происходит зажигание тиратрона. Как известно, управляющее действие сетки с момента зажигания тиратрона прекращается. Погасить тиратрон путем подачи на сетку отрицательного потенциала, хотя бы значительно превосходящего напряжение запирания, нельзя; для этого необходимо дополнительно осуществить снижение анодного напряжения до нуля. В рассматриваемой схеме (фиг. 49) это происходит автоматически, так как зажигание тиратрона вызывает разряд конденсатора C_6. Последний, разряжаясь на тиратрон, уменьшает потенциал его анода, а в момент полного разряда приводит к полному исчезновению анодного напряжения, в результате чего тиратрон гаснет.

Если длительность отпирающего тиратрон $Л_2$ импульса настолько мала, что к моменту окончания описанного процесса отрицательный потенциал на сетке восстанавливается, происходит заряд конденсатора C_6 через сопротивление R_{18}, и схема возвращается к первоначальному состоянию.

Таким образом, при непрерывном воздействии отпирающих импульсов на сетку тиратрона $Л_2$ конденсатор C_6 периодически заряжается и разряжается с частотой импульсов, а среднее значение протекающего через него тока оказывается пропорциональным этой частоте.

Для нормальной работы конденсаторного преобразователя требуется, чтобы каждый раз происходило полное окончание процесса зарядки и разрядки конденсатора. Поэтому параметры пусковых импульсов по времени должны удовлетворять следующим условиям: а) длительность импульсов должна быть меньше времени разряда конденсатора; б) длительность паузы должна быть больше времени заряда конденсатора. Эти условия должны быть выдержаны при максимальной частоте импульсов.

Первое условие, т. е. формирование кратковременных пусковых импульсов, обеспечивается выбором данных цепи связи опрокидывающегося реле с тиратроном. Для этой цели постоянная времени цепочки, состоящей из переходного конденсатора C_5 и сопротивления утечки тиратрона R_{15}, выбирается достаточно малой. Такой дифференцирующий контур превращает односторонние прямоугольные импульсы опрокидывающегося реле в остроконечные двусторонние импульсы необходимой длительности.

Второе условие удовлетворяется соответствующим выбором постоянной времени цепи заряда конденсатора C_6, шунтирующего тиратрон.

Допустимые пределы изменения напряжения пусковых импульсов вследствие нестабильности напряжения источников питания опрокидывающегося реле находятся в непосредственной связи с характеристикой зажигания тиратрона и ограничиваются условиями: а) амплитуда импульса не должна быть ниже напряжения зажигания тиратрона; б) амплитуда импульса не должна быть выше того значения, при котором длительность импульса, создающего напряжение зажигания, больше времени разряда конденсатора C_6; эта зависимость вытекает из формы импульса.

Практически всегда удается выбрать такое напряжение отрицательного смещения на сетке тиратрона, при котором эти условия удовлетворяются при колебаниях напряжения питания опрокидывающегося реле на $\pm 20\%$. Поэтому это напряжение можно не стабилизировать.

Таким образом, ни помехи, ни искажения импульсов в линии связи, ни изменения режима работы опрокидывающегося реле — все это, конечно, в известных пределах — не нарушают работу измерительной части схемы.

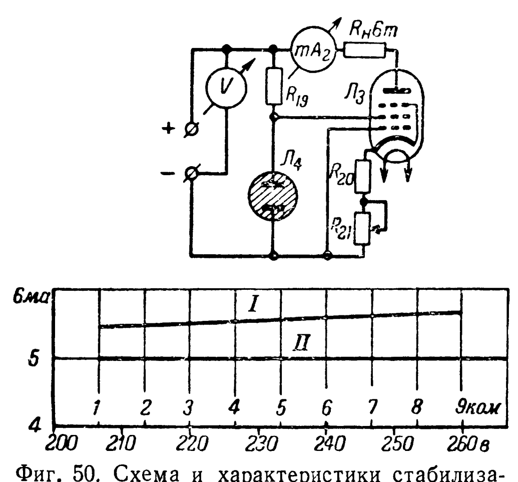
Последним звеном, завершающим выполнение всех предъявляемых к приемнику требований, является стабилизация напряжения источника питания анода тиратрона. В описываемой конструкции приемника применен электронный стабилизатор тока, выполненный по известной схеме, использующей сравнительно малую зависимость анодного тока лампы $Л_3$ типа 6Ф6С от напряжения на ее аноде при постоянном напряжении на экранной сетке.

Стабилизация напряжения на экранной сетке достигается применением стабилизатора $Л_4$ типа СГ-4С. Обратная связь по току, образующаяся благодаря включенным в катодную цепь лампы $Л_3$ сопротивлениям R_{20} и R_{21}, улучшает качество стабилизации. Сопротивление R_{21} может регулироваться. С его помощью можно изменять абсолютную величину стабилизированного тока в пределах зоны стабилизации. Необходимость в такой регулировке вызывается тем, что со временем происходят изменения параметров стабилизатора и ламп. В связи с неоднородностью характеристик ламп при их замене также может возникнуть необходимость в регулировке тока стабилизации.

При регулировке сопротивления R_{21} индикатором служит контрольный миллиамперметр mA_2, включенный в цепь стабилизируемого тока. На шкале этого прибора должна быть нанесена красная черта, соответствующая тому значению тока, при котором производилась градуировка приемного

прибора. Индикатором пользуются только при проверке приемника. В рабочих условиях индикатор замыкается накоротко выключателем *Вк*.

Из приведенных на фиг. 50 характеристик стабализатора тока следует, что изменения анодного напряжения и сопротивления анодной нагрузки вызывают столь малые изменения величины стабилизированного тока, что при градуировке приемного измерительного прибора, а следовательно, и при телеизмерении, ими можно пренебречь.



Фиг. 50. Схема и характеристики стабилизатора тока.

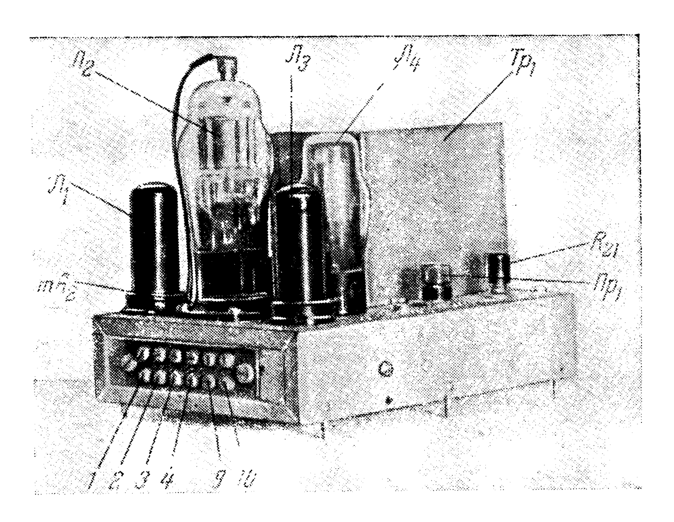
I — зависимость тока от напряжения при сопротивлении $R_н$ = 6 000 *ом*, *II* — зависимость тока от сопротивления $R_н$ при напряжении 250 *в*.

Колебания напряжения питания нитей накала ламп, входящих в измерительную часть схемы, сказываются на работе конденсаторного преобразователя, и поэтому это напряжение желательно стабилизировать. Для стабилизации напряжения накала ламп приемника можно применить бареттер или феррорезонансный стабилизатор напряжения. В случае применения последнего им можно одновременно обслуживать несколько приемников.

Конструкция приемника

Внешний вид приемника показан на фиг. 51. В рабочем положении шасси приемника располагается вертикально так, как это показано на фиг. 41.

На панели шасси установлены лампы, контрольный миллиамперметр mA_2, трансформатор $Тр_1$ и конденсатор C_6 (установлены под прямоугольным кожухом), предохранители $Пр_1$ и $Пр_2$ и переменные сопротивления R_7 и R_{21}. Оси этих переменных сопротивлений выведены под шлиц. На боковой (верхней) стороне шасси расположена панель с зажимами для подключения источников постоянного и переменного тока и реле, включающего анодное напряжение на лампу $Л_2$.



Фиг. 51. Внешний вид приемника.

На боковой (нижней) стороне шасси слева находятся два входных зажима для подключения линии связи и справа — два выходных зажима для включения измерительного прибора mA_1. Между ними в середине панели установлен выключатель $Вк$, замыкающий накоротко миллиамперметр mA_2.

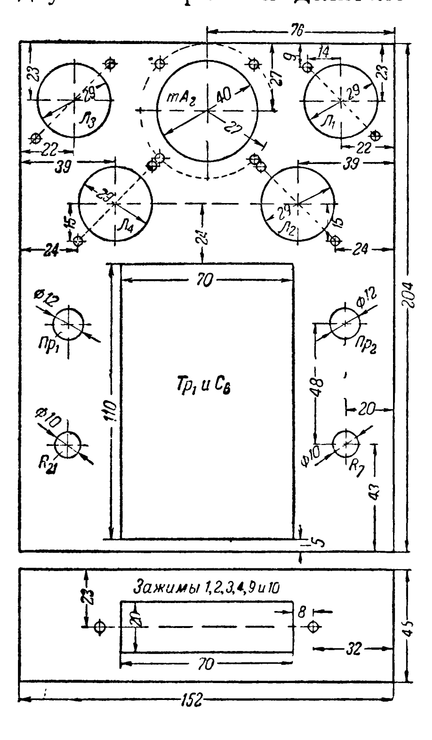
Размеры шасси и разметка отверстий даны на фиг. 52.

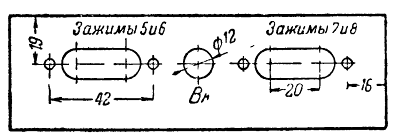
Большая часть деталей и монтажных проводов располагается с внутренней стороны шасси (фиг. 53).

Сопротивления R_4, R_5, R_8, R_9, R_{10} и R_{12}, включенные в цепи опрокидывающегося реле, выполняются из манганиновой проволоки ПЭШДМ 0,07. Они наматываются бифилярно на одну катушку и имеют отводы. На этой же катушке наматываются сопротивления R_{16} и R_{17}. Катушка собрана

из отдельных гетинаксовых шайб и эбонитовых втулок, скрепленных между собой стягивающим болтом. Размеры катушки приведены на фиг. 54.

Для опрокидывающегося реле применены проволочные сопротивления потому, что с ними легче установить равенство соответствующих плеч двух симметричных делителей напряжения. Ввиду того что сопротивления R_{16}, R_{17}, R_{18}, R_{20} и R_{21} входят в цепь измерительного прибора, их надо наматывать из манганинового провода. Применение манганина для остальных проволочных сопротивлений не обязательно.



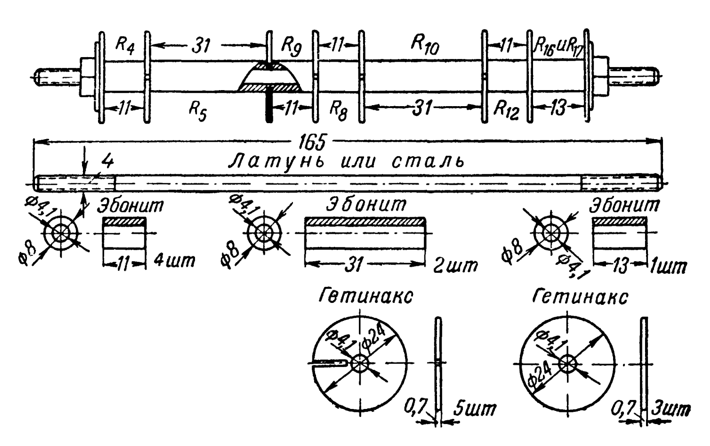


Фиг. 52. Шасси приемника.

Сопротивление R_{20} наматывается проводом ПЭШДМ 0,1. Каркасом для его обмотки служит сопротивление типа ТО на мощность 1 *вт*. Сопротивление R_{21} — проволочное. Величина этого сопротивления может быть уменьшена до 700—1 500 *ом*. Сопротивление R_{19} — остеклованное, рассчитанное на мощность 5 *вт*. Все остальные примененные в схеме приемника сопротивления типа ТО, рассчитанные на мощность 0,25 *вт*.

Все конденсаторы, за исключением C_6, должны быть безиндукционного типа. Выбору конденсатора C_6 следует уделить особое внимание, так как от его качеств зависят точность и стабильность во времени показаний измерительного прибора. Желательно, чтобы этот конденсатор обладал высокой влагостойкостью и большим сопротивлением изоляции.

Фиг. 53. Внутренний вид приемника.



Фиг. 54. Детали каркаса для намотки проволочных сопротивлений приемника.

Измерительным прибором mA_1 служит профильный гальванометр со шкалой на 1 *ма* и внутренним сопротивлением 35,5 *ом*. В качестве контрольного миллиамперметра mA_2 применен прибор постоянного тока на 15 *ма*.

Трансформатор накала ламп $Тр_1$ собран на сердечнике сечением 6 $см^2$ из пластин типа Ш-20. Первичная обмотка содержит 2 420 витков провода ПЭ 0,2, а вторичная — 70 витков провода ПЭ 1,5 с отводом от 50-го витка. С части обмотки в 50 витков снимается напряжение на нить накала тиратрона, а со всей обмотки — на накал остальных ламп приемника. Обмотки намотаны виток к витку с бумажными прокладками после каждого ряда. Между собой обмотки изолированы слоем лакоткани.

В приемнике предусмотрено выключение напряжения из измерительной части схемы при вынимании стабилизатора из его панельки (см. гнезда *3* и *7* справа на фиг. 49). Это достигается разрывом цепи питания перемычкой, находящейся в цоколе стабилизатора (гнезда *3* и *7* ламповой панельки).

Расход электроэнергии на питание приемника составляет по постоянному току 30 *ма* и по переменному току 80 *ма*.

Проверка и налаживание приемника

Перед проверкой работы всей схемы в целом необходимо последовательно испытать ее отдельные элементы. Испытание надо вести, соблюдая следующую очередность: опрокидывающееся реле, стабилизатор тока, конденсаторный преобразователь.

Проверка работы опрокидывающегося реле и конденсаторного преобразователя значительно облегчается при наличии электронного осциллоскопа. При испытании опрокидывающегося реле на вход приемника подается регулируемое в пределах от 0 до 50 *в* синусоидальное напряжение с частотой 50 *гц*. Аноды лампы $Л_1$ соединяются с входом осциллоскопа. Когда величина входного напряжения достигает порога срабатывания опрокидывающегося реле, напряжение на анодах его лампы $Л_1$ будет иметь вид двусторонних импульсов, по форме весьма приближающихся к прямоугольным. Форма этих импульсов не должна нарушаться при увеличении входного напряжения до $50 \div 60$ *в*. При уменьшении входного напряжения ниже порога срабатывания опрокидывающегося реле на $0{,}1 \div 0{,}3$ *в* импульсы искажаются, а при всех других меньших значениях — прекращаются.

Режим работы опрокидывающегося реле определяется величиной начального напряжения смещения на управляющих сетках его триодов, устанавливаемого посредством изменения величин сопротивлений R_{13} и R_{14}, и величиной входного управляющего напряжения, зависящего от величин сопротивлений R_3 и R_7.

При отсутствии осциллоскопа проверку опрокидывающегося реле можно производить с помощью двух миллиамперметров, включенных в анодные цепи триодов этого реле. Нормальная работа реле характеризуется тем, что при отсутствии напряжения на его входе один из триодов пропускает ток, а второй остается запертым. Разрыв анодной цепи запертого триода не должен сопровождаться изменением анодного тока открытого триода. При воздействии на вход приемника двусторонних импульсов небольшой частоты (например, от датчика при небольшой скорости вращения счетчика) стрелки приборов должны поочередно отклоняться. При этом во время отклонения стрелки одного (любого) прибора стрелка второго должна оставаться в состоянии покоя.

Проверка работы стабилизатора тока производится путем снятия его характеристик (см. фиг. 50).

Испытание конденсаторного преобразователя заключается в проверке выполнения им условий, которые были уже подробно рассмотрены раньше.

Напряжение зажигания тиратрона устанавливается подбором величин сопротивлений R_{16} и R_{17}.

Требуемое соотношение между длительностью пускового импульса тиратрона и временем разряда конденсатора C_6 достигается изменением величин сопротивления R_{15} и емкости конденсаторов C_5 и C_6. Такая регулировка производится при максимальной частоте импульсов с включением всех частей как приемника, так и датчика.

При включении приемника в начале должен подводиться к тиратрону $Л_2$ только ток накала и лишь по истечении 1—1,5 мин. должно включаться анодное напряжение. Для соблюдения этого требования целесообразно применить какое-либо устройство, которое бы обеспечивало при внезапном выключении и последующем включении тока накала подключение анодного напряжения с некоторым замедлением (с задержкой по времени). Очень удобно для этой цели включить в цепь накала тиратрона какое-либо реле, например, биметаллическое, рассчитанное на замыкание

цепи анодного напряжения с выдержкой в $1 \div 1{,}5$ мин. после появления тока накала. Для включения такого реле предусмотрены зажимы *9* и *10* (фиг. 49 и 51).

Градуировка прибора

Для градуировки приемника надо собрать всю схему прибора, т. е. подать напряжение источников питания на приемник и датчик, присоединить выходные зажимы датчика к выходному трансформатору, а вторичную обмотку последнего — к входным зажимам приемника и включить на выход приемника градуируемый миллиамперметр mA_1.

Датчик вместе с контрольным ваттметром (или двумя ваттметрами при включении счетчика в цепь трехфазного тока) включается в цепь переменного тока, напряжение которого остается постоянным, а ток может плавно изменяться с помощью реостата.

Установив реостатом номинальное значение мощности, фиксируют на шкале приемного прибора положение его стрелки при данной мощности. Положение стрелки на шкале можно изменять регулировкой величины переменного сопротивления R_{21} приемника (или шунта рамки гальванометра). Надо стрелку установить в такое положение на шкале, при котором рационально используется вся шкала.

Значение тока стабилизатора, принятое при градуировке приемника, фиксируется нанесением красной черты на шкалу контрольного миллиамперметра mA_2. Точки на шкалу миллиамперметра mA_1, градуируемую в ваттах, наносятся по показаниям контрольного ваттметра при различных значениях мощности, регулируемой реостатом.

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ О ПРИМЕНЕНИИ РАДИОТЕХНИКИ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Радио в астрономии, П. Чечик, «Радио», 1946, № 2, стр. 19—22.

Научно-популярный очерк о применении радиотехнических методов в астрономии. Рассказывается о значении радио для службы времени, применении фотоэлементов для наблюдения за слабосветящимися звездами, кварцевых часах, опытах по измерению расстояния до луны с помощью радиолокации и тех задачах астрономии, в решении которых может оказать пользу радиотехника.

Радионагрев и сушка, А. Иоффе, «Радио», 1947, № 12, стр. 13—15.

В статье рассказано о значении высокочастотной сушки для различных отраслей народного хозяйства, приведено описание ряда схем высокочастотных генераторов, предназначенных для сушки и нагрева неметаллических материалов и изложены преимущества радионагрева перед другими методами нагрева и сушки материалов и изделий.

Радиотехнику на службу народному хозяйству, Е. Величко, «Радио», 1948, № 10, стр. 14—15.

В статье рассказывается о том, как расширялись за последние годы области применения радиотехники в различных отраслях народного хозяйства, и ставится перед радиолюбителями ряд задач в области сельского хозяйства, для решения которых полезно воспользоваться радиотехническими методами.

Прибор для определения белизны ткани, «Радио», 1948, № 10, стр. 15.

Заметка о сконструированном Н. Н. Алексеевым приборе для определения степени белизны ткани с помощью фотоэлемента. Прибор позволяет определять белизну испытуемой ткани в процентах по отношению к эталону белизны.

Радиосвязь на железнодорожном транспорте, Б. Рязанцев, «Радио», 1948, № 11, стр. 3.

В статье рассказывается об опыте использования радиостанции типа ЖР-1 для установления радиотелефонной связи станций с поездными и маневровыми локомотивами, а также о работе радиоузлов на вокзалах железнодорожных станций, о радиофикации пассажирских поездов и о важности задачи установки радиоприемников и радиотрансляционных точек в будках путевых обходчиков.

На распорядительном посту, Ю. Анненков, «Радио», 1948, № 11, стр. 4.

Очерк о применении радиосвязи на одном из крупнейших сортировочных и грузовых железнодорожных узлов столицы.

Высокочастотная закалка и плавка металла, А. Иоффе, «Радио», 1948, № 11, стр. 22—24.

Обзор основных методов закалки и плавки металла токами высокой частоты. В обзоре приведены сведения по выбору частоты, мощности и схемы генератора для высокочастотной закалки и плавки металла.

Установка для сушки древесины, К. Мазин, «Радио», 1948, № 11, стр. 25,

Дано краткое описание высокочастотной 50-киловаттной установки для сушки древесины, изготовленной Сокольническим вагоноремонтным заводом Управления московского трамвая. Приведена электрическая схема высокочастотной части установки.

Слуховые аппараты. С. Юрин, «Радио», 1948, № 12, стр. 12.

Статья о работе Научно-исследовательской сурдоакустической лаборатории Министерства социального обеспечения РСФСР.

Радиолюбители — в помощь народному хозяйству, З. Гинзбург, «Радио», 1949, № 1, стр. 20—21.

Краткий обзор наиболее интересных экспонатов по применению радиометодов в народном хозяйстве, представленных радиолюбителями на 7-ю Всесоюзную заочную радиовыставку.

Высокочастотный транспорт, Г. Бабат, «Радио», 1949, № 2, стр. 19—21.

Очерк о работах над созданием нового вида транспорта, использующего энергию токов высокой частоты.

Усилитель без конденсаторов, И. Акулиничев, «Радио», 1949, № 3, стр. 43.

В статье описывается схема усилителя для медленно изменяющихся токов. Автор рекомендует применять эту схему для усиления телемеханических сигналов, сигналов связи, термотоков, фототоков и биотоков.

Внедрение радиометодов в народное хозяйство, В. Мавродиади, «Радио», 1949, № 7, стр. 10—11.

Краткий обзор представленных радиолюбителями экспонатов на 8-ю Всесоюзную заочную радиовыставку по разделу «Применение радиометодов в народном хозяйстве».

Искатель повреждений в подземных линиях, И. Погосян, «Радио», 1949, № 8, стр. 44—46.

В статье дается описание разработанной Г. М. Тимониным специальной аппаратуры для быстрого и достаточно точного определения места повреждения подземной кабельной линии. В комплект аппаратуры входит два прибора: генератор на частоту 860 *гц* и собственно искатель, представляющий собой двухламповый усилитель с резонансным контуром на входе и телефоном-индикатором на выходе. Генератор рассчитан на питание как от батарей, так и от сети. Искатель питается от батарей.

Советские электромузыкальные инструменты, А. Володин, «Радио», 1949, № 11, стр. 47—49.

В статье дан краткий обзор проведенных автором работ по созданию новых музыкальных инструментов, построенных на основе использования радиометодов.

Электрогитара, Е. Прохоров, «Радио», 1950, № 2, стр. 54—56 и 62.

Приведено описание ряда способов повышения громкости звучания гитары путем помещения на ней звукоснимателя, подключаемого к усилителю низкой частоты с динамическим громкоговорителем на выходе.

Слуховые аппараты, М. Эфрусси, «Радио», 1950, № 4, стр. 46—49.

В статье кратко изложена история возникновения новой отрасли в электроакустике, называемой акустикой глухих (сурдоакустикой), а также дан обзор отечественных конструкций слуховых аппаратов и приведены их электрические схемы.

Радиотехника на службе современной физики, А. Соломонович, «Радио», 1950, № 11, стр. 23—26 и № 12, стр. 20—22.

В научно-популярном очерке рассказывается о широком использовании радиотехнических методов при проведении современных физических исследований, о значении радиотехники для бурного развития физики, а также приводится ряд радиотехнических схем, с помощью которых советским физикам удалось провести новые, весьма важные и интересные физические эксперименты.

Электроника в бумажной промышленности, С. Снегирев, «Радио», 1951, № 6, стр. 15—17.

Статья об опыте применения Камским целлюлозно-бумажным комбинатом радиотехнических методов для измерения влажности бумаги и целлюлозы. Дана электрическая схема прибора для измерения влажности и необходимые сведения об устройстве специального конденсаторного датчика, позволившего производить измерения влажности бумаги.

Применение радиометодов в народном хозяйстве, В. Мавродиади, «Радио», 1951, № 8, стр. 22—25.

Краткий обзор наиболее интересных экспонатов, поступивших на 9-ю Всесоюзную выставку творчества радиолюбителей-конструкторов по разделу «Применение радиометодов в народном хозяйстве».

Развитие радиотехники и перспективы ее использования, А. Берг, «Радио», 1951, № 11, стр. 4—6.

Статья о перспективах развития радиотехники и об областях применения радиотехнических методов в народном хозяйстве.

Электрические часы с боем, И. Иншев, «Радио», 1951, № 12, стр. 15.

Заметка о разработанной смоленским радиолюбителем М. И. Кириенковым конструкции радиофицированных городских часов.

Прибор для проверки хода часов, В. Макеев и В. Савочкин, «Радио», 1952, № 1, стр. 18—19.

В статье описывается разработанный одним из заводов Министерства машиностроения и приборостроения электронный прибор, позволяющий в течение 30 *сек* определять суточный ход часов, прослушивать работу часового механизма и записывать ход часов на диаграммную бумагу для определения погрешности хода часового механизма.

Аппарат для прослушивания работы машин, П. Озеров, «Радио», 1952, № 1, стр. 20.

Дано краткое описание прибора, позволяющего путем прослушивания стука или шума машины определять место ее неисправности.

Искатель обрывов в кабеле, Л. Прищеп, «Радио», 1952, № 1, стр. 21.

В заметке дано краткое описание разработанного на кафедре сельского хозяйства Московской ордена Ленина сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева прибора, предназначенного для нахождения повреждений в кабеле. Прибор состоит из генератора звуковой частоты и искателя (емкостного датчика, соединенного с головным телефоном, являющимся индикатором).

Выпрямитель с умножением напряжения, А. Дольник, «Радио», 1952, № 1, стр. 42—43.

В статье дано описание бестрансформаторного выпрямителя, собранного по конденсаторной схеме учетверения на селеновых столбиках, дающего возможность получать при напряжении сети переменного тока 110—127 *в* выпрямленное напряжение до 400 *в* при потребляемом токе около 150 *ма*.

Прибор для испытания вакуума, К. Самойликов. «Радио» 1952, № 1, стр. 45—47.

Дано описание прибора, состоящего из зуммера и высокочастотного резонансного трансформатора напряжения, дающего напряжение высокой частоты до 30 *кв*. Степень вакуума радиолампы или телевизионной трубки определяется по свечению в ней газа при прикосновении к какому-либо из ее электродов штыревого вывода от высоковольтного высокочастотного трансформатора напряжения.

Диспетчерская радиосвязь в укрупненном колхозе, В. Попов, «Радио», № 2, стр. 16.

В заметке освещен положительный опыт организации диспетчерской радиосвязи с помощью радиостанций типа «Урожай» в укрупненном колхозе «Парижская коммуна» Малининского района, Московской области.

Радиосигнализатор, Б. К, «Радио», 1952, № 2, стр. 17.

Описана схема прибора, содержащего две лампы (двойной триод 6Н8С и тиратрон ТГ1-0,1 0,3) и электромагнитное реле. При приближении руки к антенне прибора происходит нарушение режима работы лампы генератора, зажигается тиратрон, вследствие чего срабатывает реле, а его контакты включают исполнительный механизм или цепь сигнализации.

«Урожай» на батарейных лампах, О. Анисимов и А. Харин, «Радио», 1952, № 2, стр. 36.

В статье описывается способ переделки радиостанции типа «Урожай» путем замены сетевых радиоламп более экономичными батарейными лампами. После переделки радиостанции ее передатчик потребляет от анодной батареи 240 *в* ток в 30 *ма*, а приемник — от отвода 80 *в* той же анодной батареи — ток 5 *ма*. Ток накала составляет 0,77 *а*.

Радиостанция «Урожай» с универсальным питанием, И. Музафаров, «Радио», 1952, № 3, стр. 14.

Дается описание выпрямителя для питания радиостанции типа «Урожай» от сети переменного тока, а также рекомендации по замене ламп приемо-передатчика с целью увеличения чувствительности приемника и повышения мощности передатчика.

Радио на службе у хлопководов, А. Титов, «Радио», 1952, № 3, стр. 15.

В заметке рассказывается о той пользе, которую приносит радиосвязь в хлопководческих колхозах и совхозах, в работе изыскательных партий и экспедиций по борьбе с сельскохозяйственными вредителями, а также отмечается необходимость привлечения радиолюбителей к разработке радиотехнических приборов для автоматического измерения скорости потока воды в оросительных каналах, уровня воды в водоемах, влажности почвы и других гидрометрических величин и конструированию радиостанций для передачи этих данных по радио на диспетчерские пункты.

Стабилизированный выпрямитель, Ю. Прозоровский, «Радио», 1952, № 3, стр. 39—40.

В статье дано описание выпрямителя с электронной стабилизацией напряжения, предназначенного для питания радиотехнических приборов, нуждающихся в стабильном анодном напряжении.

Катодный оксиметр, Е. Болотинский, «Радио», 1952, № 3, стр. 46—47.

Приводится описание схемы медицинского прибора — оксиметра (оксигемометра), предназначенного для бескровного измерения насыщения артериальной крови кислородом по методу, предложенному чл.-корр. АН СССР проф. Е. М. Крепс. Работа прибора основана на двухцветной фотоэлектрической колориметрии гемоглобина, содержа-

щегося в кровеносных капиллярах ушной раковины. В статье описывается конструкция специального датчика и даются основные сведения об устройстве измерительного блока оксиметра.

Применение обычной телефонной трубки в слуховом аппарате, П. Рудометкин, «Радио», 1952, № 3, стр. 51.

В заметке дается совет по переделке обычной телефонной трубки в так называемый костный телефон, с помощью которого лица полностью утратившие слух (вследствие повреждения барабанной перепонки), могут слушать радиопередачи, возбуждая слуховой нерв через кости черепа.

Промышленное применение техники высоких частот и электроники, В. Вологдин, «Радио», 1952, № 5, стр. 6—8.

В статье дается обзор достижений советских радиоспециалистов и радиолюбителей по внедрению радиотехнических методов в народное хозяйство (промышленность, транспорт, сельское хозяйство).

Электронное реле времени, Л. Александров, «Радио», 1952, № 6, стр. 60.

В статье дано описание одной из схем электронного реле времени, предназначенного для включения и автоматического выключения через заданный промежуток времени фотоувеличителя, печатного станка или какой-либо электрической цепи.

Феррорезонансные стабилизаторы, Н. Митрофанов, «Радио», 1952, № 7, стр. 55-57.

В статье изложен принцип действия феррорезонансных стабилизаторов и даны необходимые практические сведения по выбору схемы и данных, применяемых в стабилизаторе деталей.

Применение радиотехнических методов в народном хозяйстве, В. Мавродиади, «Радио», 1952, № 8, стр. 19—21.

В статье дан обзор наиболее интересных, представленных радиолюбителями по разделу «Применение радиометодов в народном хозяйстве» экспонатов 10-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов.

Радиоастрономия, А. Соломанович, «Радио», 1952, № 8, стр. 22—26.

В научно-популярном очерке рассказано о применении радиометодов в астрономии для исследования космических лучей.

Магнитные усилители, М. Гуревич, «Радио», 1952, № 9, стр. 17—19.

В теоретической статье дано описание принципа действия ряда схем магнитных усилителей и указаны некоторые области их применения в народном хозяйстве, например в регуляторах температуры, давления, напряжения, частоты, числа оборотов, в стабилизаторах тока и напряжения, в системах телеизмерений и телеуправления, в некоторых видах следящих систем и для других целей, когда возникает необходимость в усилении постоянных токов и токов очень низких частот.

Автоматический переключатель к автотрансформатору, М. Эфрусси и А. Дольник, «Радио», 1952, № 10, стр. 46—48.

В статье описан экспонат 10-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов. Автоматизация переключений автотрансформатора в зависимости от величины напряжения в сети осуществляется с помощью разработанной авторами схемы, содержащей селеновый выпрямитель, стабилизатор типа СГ-3С, реле, конденсатор и два сопротивления. Автоматический переключатель обеспечивает поддержание выходного напряжения стабильным в пределах $\pm 10\%$ при колебании напряжения в сети от 80 до 130 *в*.

Цена 2 р. 25 к.